

Seminario de capacitación para el uso del modelo HYSPLIT

Día 1

Información General del Modelo

[Historia y Características del Modelo](#)
[Método de Cálculo](#)
[Trayectorias vs. Concentraciones](#)
[Notas de Instalación del Código](#)
[Uso del Modelo](#)

Datos Meteorológicos

[Datos Meteorológicos Requeridos](#)
[Conversión de Datos GRIB](#)
[Archivo ECMWF ERA-40](#)
[Acceso a Datos de Pronóstico por FTP](#)
[Acceso a Datos de Análisis por FTP](#)
[Visualización de la Malla del Dominio](#)
[Perfil Meteorológico Vertical](#)
[Contornos de Datos Meteorológicos](#)

Métodos de Trayectoria

[Método de Cálculo de Trayectoria](#)
[Ejemplo de Cálculo de Trayectoria](#)
[Configuración del Modelo de Trayectoria](#)
[Error en la Trayectoria](#)
[Trayectorias Múltiples](#)
[Altura del Terreno](#)
[Datos Meteorológicos en una Trayectoria](#)
[Opciones de Movimiento Vertical](#)

Día 2

Simulaciones de Penachos de contaminantes

[Modelado de Partículas o “Puffs”](#)
[Ecuaciones de Cálculo de Concentración](#)
[Ecuaciones de Turbulencia](#)
[Configuración del Modelo de Dispersión](#)
[Ejemplo de Cálculo de Dispersión](#)
[Definición de Fuentes Múltiples](#)
[Simulaciones usando Mallas de Emisión](#)
[Visualización de Concentración y Partículas](#)
[Conversión de Datos de Concentración a Texto](#)

Día 3

Temas Especiales

[Conjuntos de Concentraciones](#)
[Módulos de Conversión Química](#)
[Modelado de Emisiones provenientes de Tormentas de Polvo](#)
[Uso del Archivo de Partículas para Recomenzar](#)
[Deposición de Contaminantes](#)
[Atribución a Fuentes por medio de Trayectorias](#)
[Atribución a Fuentes por medio de Matrices](#)
[Funciones de Atribución a Fuentes](#)
[Creación de Archivos para ArcExplorer](#)
[Personalización de Rótulo del Mapa](#)
[Operaciones Automáticas con “Scripts”](#)

Seminario de capacitación para el uso del modelo HYSPLIT en PC

HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model

Roland R. Draxler

*National Oceanic and Atmospheric Administration
10 de junio de 2004*

Historia

- 1 - 1979 Datos de sondeo con mezcla de día/noche (on/off)
NOAA Tech Memo ERL ARL-112 (1982)
- 2 - 1983 Datos de sondeo con difusividad vertical continua
NOAA Tech Memo ERL ARL-166 (1988)
- 3 - 1987 Campos de la malla del modelo con interpolación de la capa superficial
NOAA Technical Memo ERL ARL-195 (1992)
- 4 - 1996 Campos meteorológicos múltiples y combinación partícula-“puff”
NOAA Technical Memo ERL ARL-224 (1997)
- 4.0 - 8/1998 cambio de gráficos NCAR a postscript para PC
- 4.1 - 7/1999 turbulencia isotrópica para simulaciones de corto alcance
- 4.2 - 12/1999 compresión de coordenada sigma por terreno y utilización de polinomio
- 4.3 - 3/2000 revisión de la auto-correlación vertical para el cálculo de dispersión
- 4.4 - 4/2001 alocaión dinámica de matrices y uso de mallas en lat-lon
- 4.5 - 9/2002 opciones de conjuntos de cálculos, matrices y atribución a fuentes
- 4.6 - 6/2003 corrección de turbulencia no homogénea, tormentas de polvo
- 4.7 - 1/2004 varianza de la velocidad, TKE, aplicaciones de corto alcance

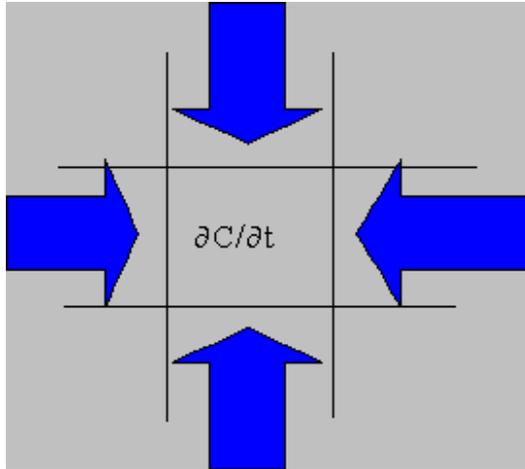
Características

- Esquema de advección: predictor-corrector
- Interpolación lineal espacial y temporal de datos meteorológicos provenientes de fuentes externas
- Mezclado vertical basado en similaridad de SL , BL Ri o TKE
- Mezclado horizontal basado en la velocidad de deformación, similaridad SL o TKE
- Dispersión de “Puff” y Partícula calculada a partir de la varianza en las velocidades
- Concentraciones calculadas con partículas-en-celda o distribuciones Top-Hat/Gaussiana
- Meteorología y/o mallas de concentración simultaneas y múltiples

| | |
|--|--------------------------------|
| | Próxima Pagina |
|--|--------------------------------|

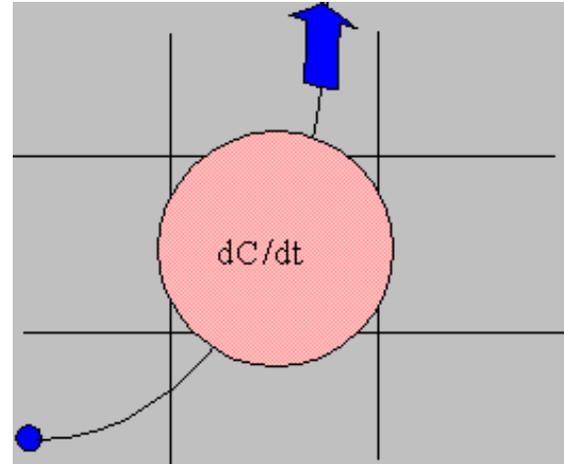
Método de Cálculo

Aproximación Euleriana



Derivada local
Solución en todo el dominio
Ideal para fuentes múltiples
Fácil manejo de química compleja

Aproximación Lagrangiana

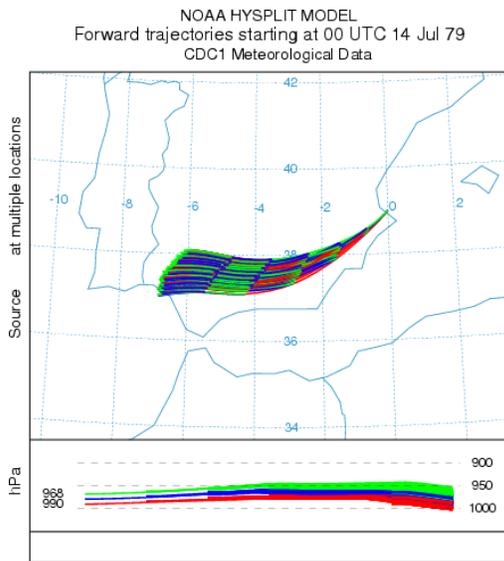


Derivada total
Solución únicamente sobre la trayectoria
Ideal para fuentes puntuales
Linealidad implícita para el cálculo de la química

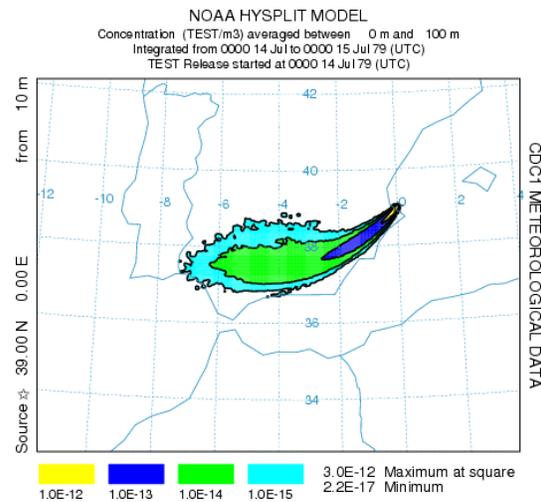
Bajo la aproximación euleriana, la concentración en cada celda de la malla se calcula integrando el flujo de contaminantes correspondiente a cada interfaz de cada celda proveniente de la dispersión y advección de dicho contaminante. Cuando se utiliza la metodología lagrangiana, las concentraciones se computan sumando la contribución de cada “puff” de contaminantes que se transporta a través de la malla siguiendo su trayectoria. Un modelo lagrangiano puede simular la dispersión de contaminantes basándose en el crecimiento de “puffs” de contaminantes mediante la utilización de los segundos momentos o modelizando explícitamente la evolución de un grupo de partículas. Contrariamente a lo que su sigla significa, HYSPLIT puede simular una distribución de contaminantes a partir de una partícula simple o “puff”, o siguiendo el movimiento dispersivo de un gran número de partículas.

Trayectorias versus Concentraciones

Un “puff” que sigue una trayectoria simple no puede representar adecuadamente el crecimiento de una nube de contaminación cuando el campo de vientos varía en el tiempo y el espacio. En estas situaciones, un “puff” simple debe dividirse en un número de “puffs” diferentes o se debe realizar una simulación usando muchas partículas de contaminación. En el gráfico de la izquierda las trayectorias se calculan cada 4 horas a 10, 100 y 200 metros sobre el nivel del suelo (AGL) para representar el transporte dentro de la capa límite, mientras que sobre la derecha se utilizaron 2500 partículas para simular un penacho de contaminación.



[control](#) & [setup.cfg](#)



[control](#) & [setup.cfg](#)

Partícula: Este elemento (particular) es un punto de masa de contaminante. Se emite un número fijo de partículas. Estas se mueven debido a la influencia del viento y poseen una componente media y otra aleatoria. Nunca crecen ni se dividen.

Puff: Este elemento es una bocanada cilíndrica tridimensional que tiene una distribución de concentración vertical y horizontalmente definidas. Los “Puffs” crecen horizontal y verticalmente de acuerdo a las reglas de dispersión y se dividen si su tamaño es muy grande.

Híbrido: Este elemento corresponde a un objeto bidimensional (masa plana, espesor vertical nulo) el cual posee una distribución horizontal de tipo “puff”. Para simular la distribución vertical se utiliza un número fijo de estos elementos que funcionan como partículas. En la dimensión horizontal estos elementos crecen de acuerdo a las reglas de dispersión y se dividen si su tamaño es muy grande.

Notas de Instalación del Código

Opciones previas a la instalación

Se requiere Tcl/Tk (8.3.2) para utilizar la Interfase Gráfica con el Usuario o Graphical User Interface (GUI). <http://www.scriptics.com>

Ghostscript (6.5) & Ghostview (3.6) para visualizar e imprimir una salida Postscript. Se deben instalar en los directorios \gs y \ghostgum. <http://www.cs.wisc.edu/~ghost>

ImageMagick (5.3) para convertir archivos Postscript a otros formatos gráficos. Se debe instalar en el directorio *c:\ImageMagick* . <http://www.imagemagick.org>

La instalación en directorios diferentes requerirá la edición del archivo:
\guicode\hysplit4.tcl.

Ejecutable de auto extracción de HYSPLIT

setup47U.exe (25 Mb) – versión de prueba, no permite el uso de datos de pronóstico
setup47R.exe (15 Mb) – versión completa, requiere registrarse en la pagina de web

Directorios Instalados

Arcview – Información de archivos de formato ESRI
Bdyfiles – Archivos de altura de terreno, usos de suelo y roughness length
Browser – Personaliza los “scripts” tcl para la interfase del GUI de ayuda
Concmdl – “scripts” y archivos para automatizar y personalizar las simulaciones
Csource – Archivos dll requeridos para visualizar y editar partículas
data2arl – Programas para convertir datos meteorológicos al formato HYSPLIT
document – Versión mas reciente de documentos técnicos y guía de usuario
exec – Todos los ejecutables se encuentran en este directorio
grads – Código fuente para convertir el archivo de salida de HYSPLIT y los datos meteorológicos a formato GRADS
graphics – Archivos de mapas de fondo y mapas personalizados
guicode – “scripts” tcl requeridos para ejecutar el GUI
html – Archivos de ayuda
metdata – Archivo de datos meteorológicos de muestra y programa para lectura de datos
source – Subrutinas para compilar programas de conversión de datos meteorológicos
trajmdl – “scripts” y archivos para personalizar simulaciones de trayectoria
vis5d – Código fuente del programa para convertir archivos de salidas de concentración a vis5d

Uso del Modelo

Requisitos

Una simulación de trayectoria o de concentración solamente requiere la presencia de un archivo llamado [CONTROL](#), en el cual se definen varios parámetros del modelo y otros archivos de entrada y salida. El archivo opcional denominado [SETUP.CFG](#) puede estar presente para definir algunas características de simulaciones más avanzadas. La única función del GUI es la de crear estos archivos y predeterminar otras opciones de la línea de comando requeridas por algunos programas gráficos.

Comienzo desde el Tcl/Tk GUI

El escritorio de su ordenador debe tener un acceso directo (shortcut) a HYSPLIT con las siguientes propiedades:

Destino (Target): \hysplit4\guicode\hysplit4.tcl

Comenzar en (Start in): \hysplit4

El directorio de HYSPLIT “Comenzar en” contiene una muestra de archivos de CONTROL que pueden ser utilizados como guía inicial para simulaciones más complejas. Estos pueden ser traspasados al GUI usando el botón “Retrieve” del menú. Ejemplos incluidos:

sample_conc - ejemplo de simulación de concentración de la guía del usuario
sample_traj - ejemplo de simulación de trayectoria de la guía del usuario
back_conc - simulación de concentración de retrodispersión
back_traj - simulación de retrotrayectoria

Inicio desde la línea de comando

Por ejemplo para ejecutar la muestra de trayectoria :

cd \hysplit4 - cambia al directorio “Comenzar en”
copy sample_traj control - crea el archivo de control
..\exec\hymodelt - ejecuta el modelo de trayectoria
..\exec\trajplot\tdump - crea el gráfico Postcript
trajplot.ps - debería abrir Ghostview

Para recibir [ayuda con la línea de comando](#) para el programa de trayectoria:

..\exec\trajplot - sin ninguna opción de línea de comando

Para ejecutar un modelo de trayectoria a partir de un archivo de control personalizado:

..\exec\hymodelt traj - abre el archivo CONTROL.traj

Datos Meteorológicos Requeridos

El directorio \exec contiene varios programas de línea de comando (chk_data, chk_rec) que pueden ser utilizados para analizar un archivo de datos meteorológicos compatible con HYSPLIT. Por ejemplo, a continuación se muestra una salida del programa chk_file (el código fuente se encuentra en \metdata) correspondiente al archivo de reanálisis global de NCEP para el mes de julio de 1979.

Características del archivo y proyección

Hysplit solamente acepta campos de datos meteorológicos que hayan sido convertidos a una proyección de mapa conformal (Estereografico Polar, Lambert o Mercator) o una malla regular de latitud-longitud. Los datos están organizados con un registro por variable y por nivel. Todos los registros tienen el mismo tamaño. Los registros están escritos en una secuencia de tiempo hacia adelante.

```
File start time:      79  7  1  0  0 (tiempo de comienzo del archivo)
File ending time:    79  7  31  18  0 (tiempo de finalización del archivo)
Meteo data model :   CDC1 (datos del modelo meteorológico)
Grid size x,y,z:     144  73  18 (tamaño de malla x,y,z)
Records per time :   94 (registros por unidad de tiempo)
Minutes between :    360 (minutos intermedios)
```

Variables

Las variables meteorológicas se identifican con una sucesión única de 4 letras. Para ejecutar el modelo se necesitan como mínimo las siguientes variables: componentes del viento U y V (UWND, VWND), temperatura ambiente (TEMP), altura (HGTS) del nivel de datos (si están en coordenadas de presión) y la presión en la superficie (PRSS).

| Index | Level | # | Variable listing and checksum value | | | | | | |
|-------|-------|---|-------------------------------------|----------|----------|---------|----------|----------|--|
| 18 | 10. | 4 | HGTS 53 | TEMP 194 | UWND 68 | VWND 45 | | | |
| 13 | 100. | 5 | HGTS 224 | TEMP 111 | UWND 43 | VWND 59 | WWND 12 | | |
| 9 | 300. | 6 | HGTS 252 | TEMP 164 | UWND 67 | VWND 53 | WWND 128 | RELH 42 | |
| 2 | 1000. | 6 | HGTS 121 | TEMP 191 | UWND 67 | VWND 29 | WWND 114 | RELH 250 | |
| 1 | 0.0 | 5 | PRSS 235 | T02M 245 | U10M 185 | V10M 93 | TPP6 99 | | |

Listado de registros

Cada registro de datos se compone de una porción de encabezamiento de 50 bytes, que describe el empaquetamiento de los datos, seguida de los datos empaquetados con un tamaño de I*J bytes. Se usa un “Empaquetamiento diferencial” de 1 byte por elemento para todos los campos de datos. El primer registro (INDX) de cada periodo de tiempo contiene información sobre las variables, niveles, mallas y sumas de prueba.

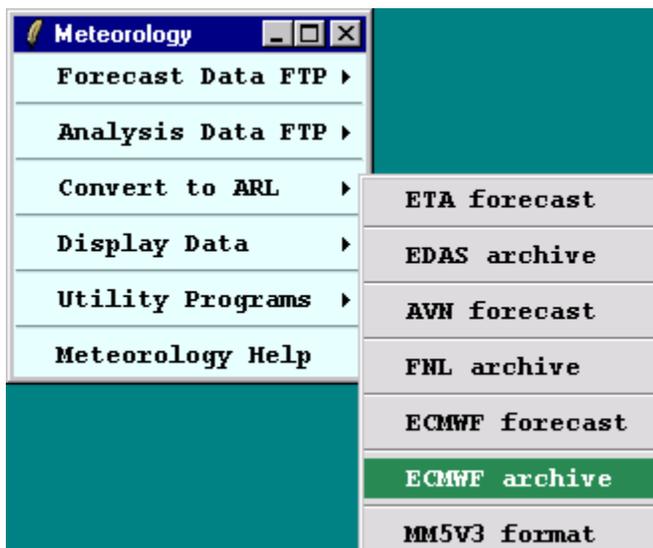
```
1 79 7 1 0 0 099INDX 0 .0000000E+00 .0000000E+00
7 79 7 1 0 0 199HGTS 7 .5039370E+00 .2240000E+03
8 79 7 1 0 0 199TEMP 4 .6299213E-01 .2236000E+03
9 79 7 1 0 0 199UWND 4 .6299213E-01 -.2799992E+01
10 79 7 1 0 0 199VWND 3 .3149606E-01 -.1089999E+02
11 79 7 1 0 0 199WWND -8 .1537894E-04 .1749980E-02
12 79 7 1 0 0 199RELH 7 .5039370E+00 .1000000E+03
```

Conversión de Datos GRIB

Muchos centros meteorológicos archivan sus campos de salidas de modelos en formato **GR**Idded **B**inary (GRIB). El estándar de GRIB define los contenidos de un registro de datos. Un registro GRIB contiene seis secciones: 0) Indicador de sección, el cual siempre comienza con los cuatro caracteres ASCII “GRIB”, 1) sección de definición de producto, 2) sección de descripción de malla, 3) sección de mapa de bit, 4) sección de datos binarios, 5) registro de terminación, el cual siempre consiste en los caracteres ASCII “7777”. Para mayor información acerca de GRIB o el nuevo estándar [GRIB2](#) dirigirse a WMO. GRIB no define el contenido de los registros de cada archivo y cada centro puede empaquetar sus datos de forma diferente. Por lo tanto, en lugar de diseñar a HYSPLIT para trabajar directamente con archivos GRIB, se requiere un programa intermedio para convertir datos GRIB al formato compatible con HYSPLIT.

Conversión de GRIB a HYSPLIT

El GUI de HYSPLIT contiene conexiones de FTP con archivos compatibles con HYSPLIT. Algunos programas de conversión GRIB (para datos NOAA y ECMWF) están integrados en el GUI. Los programas para otros formatos meteorológicos (por ejemplo RAMS) están disponibles en la pagina de [datos](#) de HYSPLIT. El botón del menú “Convert to ARL” esta diseñado para convertir datos que residen en el ordenador local. Las conversiones también pueden ser realizadas junto con los menús de datos FTP de análisis y pronóstico. Estos menús se describirán con mayor detalle en las siguientes secciones. En el ejemplo de la pagina siguiente se convierten datos de reanálisis de un archivo publico ECMWF al formato compatible con HYSPLIT.



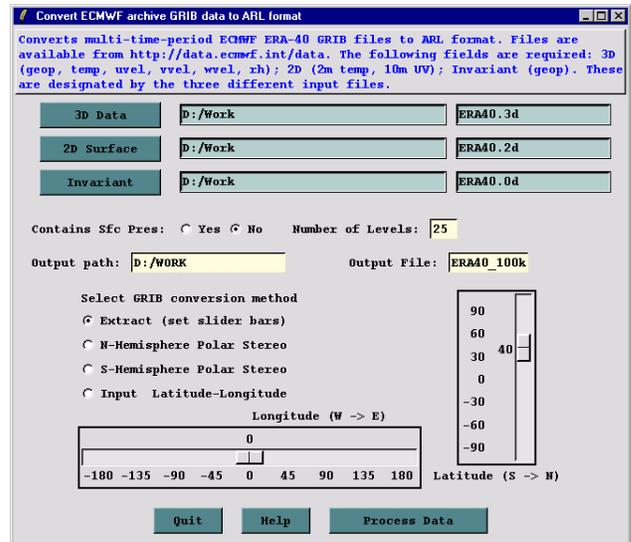
ECMWF ERA-40 Archive

La conexión directa al servidor de datos de ECMWF no está incluida en el GUI, ya que el acceso a los datos requiere la aceptación de un acuerdo de derechos de autor. Una vez superada esta etapa, se obtienen 3 archivos de datos correspondientes al periodo de interés. Todos los campos deben tener una resolución temporal correspondiente a cuatro veces al día (0,6,12,18). Como mínimo se deben seleccionar las siguientes variables: geopotencial, temperatura, velocidad u y v, velocidad vertical y humedad relativa, correspondientes a todos los niveles de presión dentro de la troposfera baja. Las variables de superficie deben incluir la temperatura a 2 m y la velocidad u y v a 10 m. Por otra parte, el campo de geopotencial invariable debe incluirse debido a que la presión superficial no está disponible (solamente la media a nivel del mar).

Conversión de GRIB a HYSPLIT

Abrir el menú del archivo de conversión de ECMWF desde el GUI e ingresar los nombres de los tres archivos GRIB. Definir el nombre del archivo de salida de datos si desea cambiar el nombre que se da por defecto. En este ejemplo los datos serán interpolados a una proyección conformal centrada alrededor del punto indicado en las barras del costado con una resolución de 100x100 km. Bajo la última opción de los métodos de conversión no se realiza ninguna interpolación y se obtienen los datos sobre la misma malla que los datos de entrada, pero en el formato compatible con HYSPLIT.

El menú de ECMWF activa al programa de conversión. Este programa posee muchas opciones adicionales que pueden ser asignadas a través de la línea de comando y que no están disponibles en el GUI. Este programa acepta datos de NOAA en latitud longitud y archivos GRIB de ECMWF que contengan uno o varios periodos de tiempo. Por ejemplo, la opción `-n` se puede usar para cambiar el tamaño de la malla de interpolación a otra diferente de la establecida (100x100).



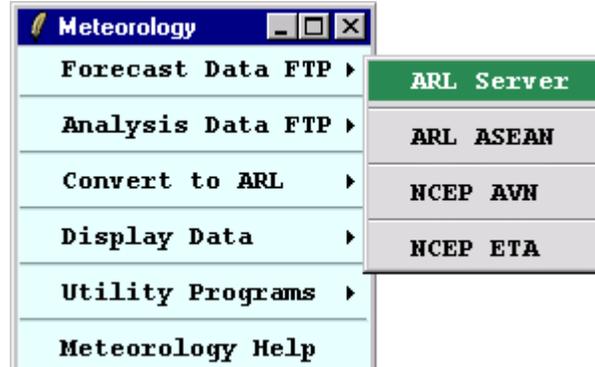
Usage: `grib2arl [-options]`

- `-i`[primary grib data: file name {required}]
- `-s`[supplemental grib data: file name {optional}]
- `-c`[constant grib data: file name {optional}]
- `-x`[subgrid extract center longitude {-80.0}]
- `-y`[subgrid extract center latitude {60.0}]
- `-g`[output projection 0 :conformal extract
 - 1 :fixed northern hemisphere polar
 - 2 :fixed southern hemisphere polar
 - {3} :lat-lon global grid (as input)
 - 4 :lat-lon extract grid
- `-n`[number of (x:y) extract grid points {100}]
- `-k`[number of output levels including sfc {16}]
- `-p`[surface defined by {1} :pressure or 0 :terrain height]
- `-q`[analyze grib file {0} or use saved configuration: 1]
- `-z`[zero initialization of output file 0:no {1}:yes]

Acceso a Datos de Pronóstico por FTP

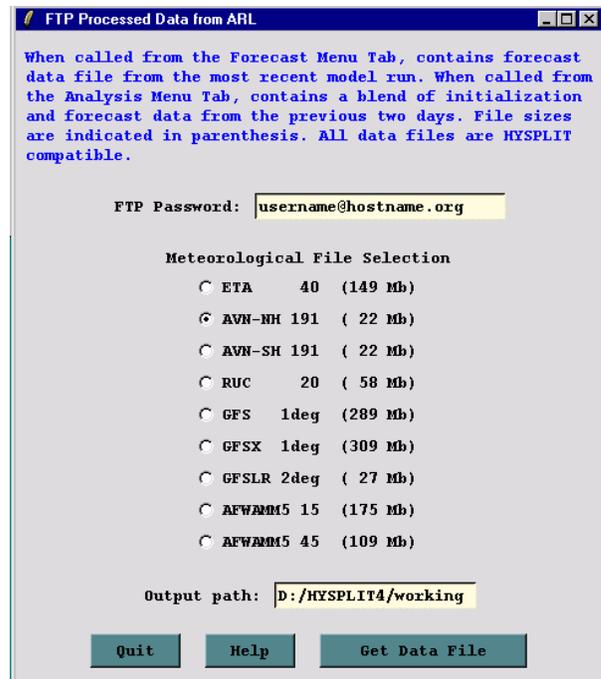
Existen cuatro opciones bajo el botón del menú “Forecast Data FTP”, los cuales acceden a sistemas de computación de NOAA. Las opciones “ARL” brindan acceso al [servidor de datos](#) de los Air Resources Laboratories y las opciones de “NCEP” permiten el acceso al [servidor de datos](#) del National Center’s for Environmental Prediction. Todos los datos que están disponibles a través del servidor de ARL han sido previamente convertidos al formato compatible con HYSPLIT. Estos datos y los datos GRIB obtenidos a través del menú de NCEP se convierten durante el proceso de trasvase. Nótese que los datos de pronóstico de ARL están formados de un solo archivo (el mas recientemente disponible), mientras que

los datos de NCEP consisten en un archivo GRIB por cada periodo de pronóstico y cada uno se procesa en forma secuencial. Generalmente los últimos ciclos de pronóstico están disponibles para el trasvase de datos.



El servidor de ARL

Los datos que se encuentran en el servidor de ARL cubren 3 dominios geográficos: Los modelos ETA, RUC (Rapid Update Cycle) y AFWA (Air Force Weather) cubren América del Norte. El modelo AVN (obtenido de GFS - global forecast system) cubre los hemisferios norte y sur. Las salidas de datos globales de GFS están disponibles en una malla de latitud longitud con tres resoluciones temporales y espaciales diferentes: (GFS a +4 d, GFSx a +8 d y GFSLR a +12 d). Antes de seleccionar “Get Data File” (“Obtener Archivo de Datos”) se debe ingresar una dirección de correo electrónico valida en el campo correspondiente al password. El sistema de menú se cerrara (“lock-up”) hasta que se complete el FTP. Para detener este proceso deberá ir al “windows task manager”.



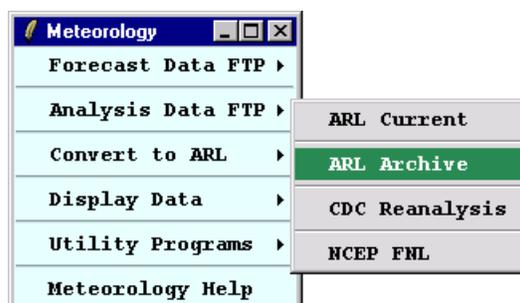
Acceso a Datos de Analisis por FTP

Existen cuatro opciones bajo el botón de menú “Analysis Data FTP”, los cuales acceden a sistemas de computación de NOAA. Las opciones “ARL” y “CDC” brindan acceso al [servidor de datos](#) de los Air Resources Laboratories y las opciones de “NCEP” permiten el acceso al [servidor de datos](#) del National Center’s for Environmental Prediction. Todos los datos que están disponibles a través del servidor de ARL han sido previamente convertidos al formato compatible con HYSPLIT. Estos datos y los datos de análisis final de GDAS en GRIB obtenidos a través del menú de NCEP se convierten durante el proceso de trasvase. Nótese que los datos de análisis ARL están formados de un solo archivo con periodos de tiempos múltiples, mientras que los datos de NCEP consisten en un archivo GRIB por cada periodo de tiempo. Cada archivo de NCEP se procesa en forma secuencial

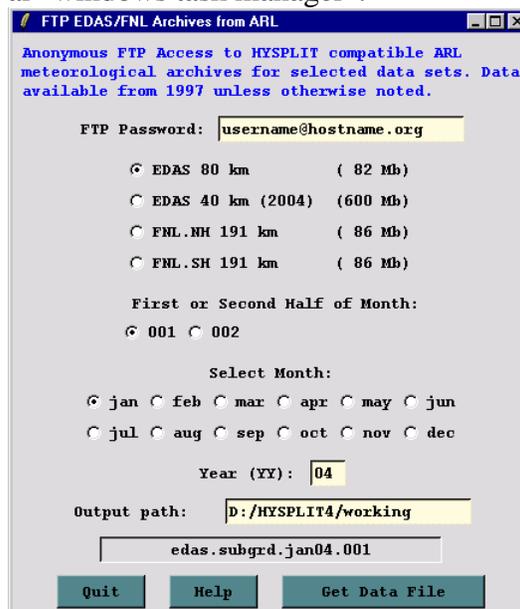
El archivo de ARL

Los datos del servidor de ARL cubren 3 dominios geográficos: el EDAS para América del norte y el GFS final analysis (FNL) para los hemisferios norte y sur. A partir de 2004 el EDAS esta disponible solamente con una resolución especial mejorada. Los archivos se seleccionan de acuerdo con el año y la mitad del mes (001 para los días 1 al 15 y 002 para días del 16 hasta fin de mes). Antes de seleccionar “Get Data File” (“Obtener Archivo de Datos”) se debe ingresar una dirección de correo electrónico valida en el campo del password. El sistema de menú se cerrara (“lock-up”) hasta que se complete el

para crear un solo archivo con periodos de tiempo múltiples. Los archivos NCEP están solamente disponibles para las ultimas 24 horas. El análisis actual (“current”) consiste de una serie de archivos cuya inicialización esta basada en los pronósticos de ETA o AVN para las ultimas 48 horas. El menú “archive” se discute con mayor detalle a continuación. El menú de “reanalysis” brinda acceso a archivos mensuales de NCAR/NCEP con una resolución de 2.5 grados desde 1948 hasta el presente.

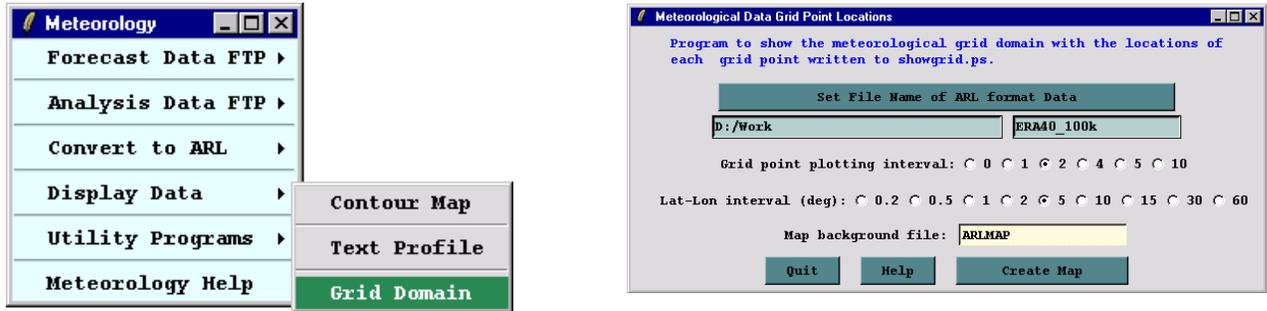


FTP. Para detener este proceso deberá ir al “windows task manager”.

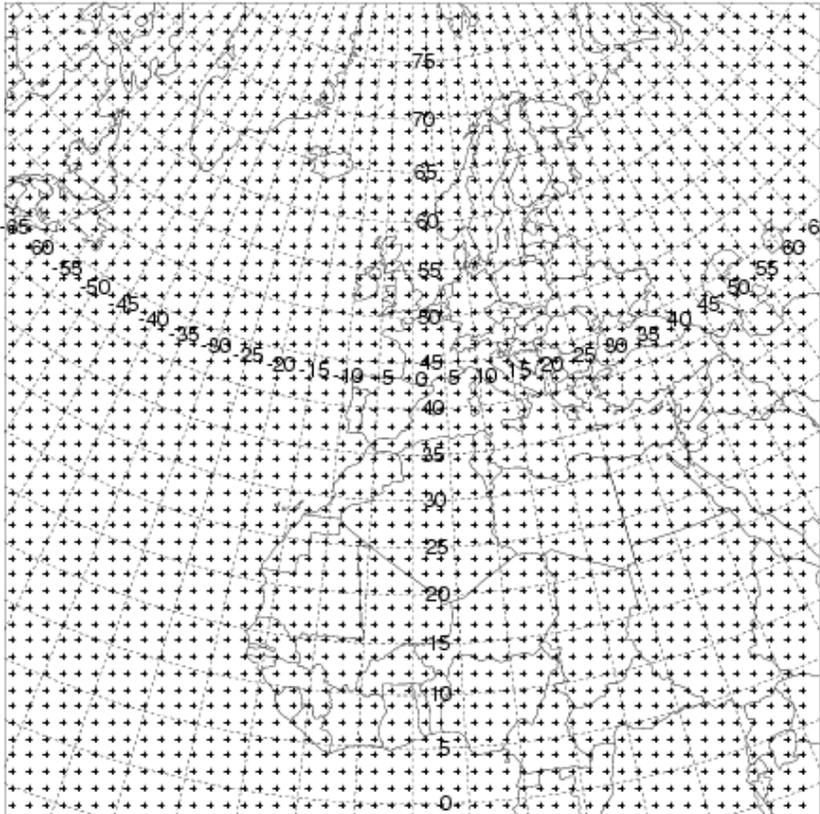


Visualización de la Malla del Dominio Meteorológico

Existen tres opciones bajo el botón de menú “Display Data”: 1) contornos de campos de datos, 2) un listado de texto del perfil de todas las variables meteorológicas correspondientes a un punto seleccionado y 3) dominio espacial de la malla.

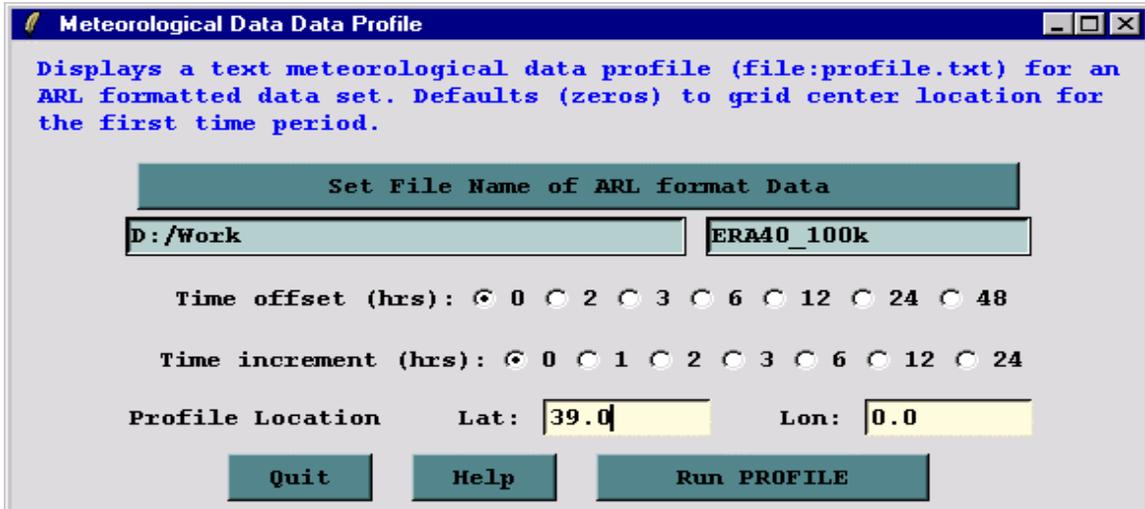


El dominio meteorológico puede ser visualizado a través de la selección de un archivo. En este caso se muestra la proyección conformal de 100 km que fue creada en la etapa anterior a partir de un archivo ECMWF ERA-40. El mapa muestra 1 de cada 2 nodos (select = 2) de la malla y las líneas de latitud y longitud cada 5 grados.



Perfil Meteorológico Vertical

El programa crea un listado de texto simple basado en el perfil de datos meteorológicos correspondientes a un punto seleccionado de latitud y longitud. En el siguiente ejemplo se selecciona un conjunto de datos ECMWF ERA-40 cuyos valores para el offset e incremento se toman por defecto. Los ceros indican que solamente se visualiza el primer periodo de tiempo. Se elige como posición para el perfil el paralelo 39 N y el meridiano de Greenwich.



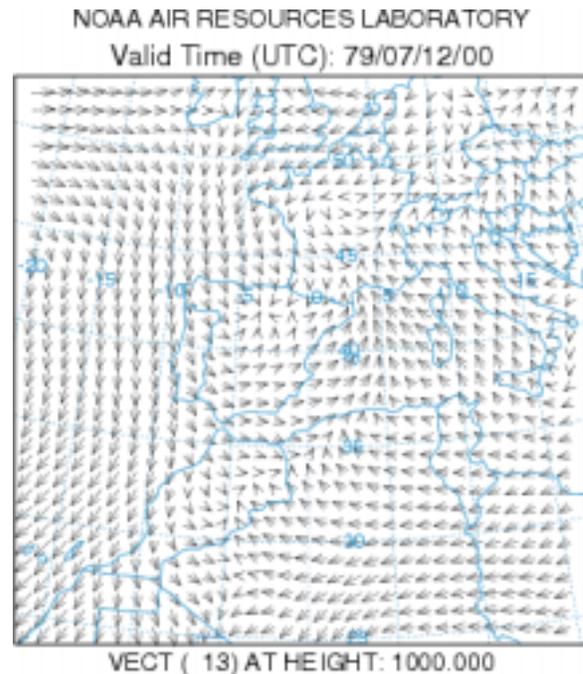
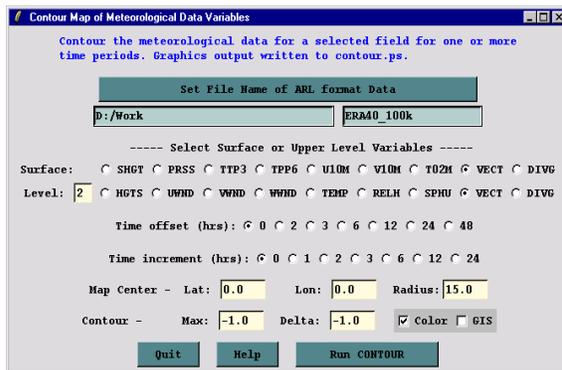
Los datos corresponden al nodo más cercano de la malla, sin interpolación temporal o especial. El índice de localización en la malla se muestra en paréntesis al lado de la posición. La primera fila muestra las variables superficiales y las filas subsiguientes representan los datos de los niveles superiores, en este caso niveles de presión. Las columnas de la izquierda muestran los datos directamente extraídos del archivo, mientras que en las de la derecha la temperatura ambiente ha sido convertida a temperatura potencial y las componentes del viento han sido rotadas a partir de la malla original para obtener la dirección real de brújula. En este caso en particular estos valores son casi idénticos porque la posición elegida esta cerca del centro de la malla. La coordenada que se encuentra en la

columna de la izquierda representa la presión calculada a partir del índice de registro. Cuando se utilizan otros sistemas de coordenadas el programa calcula alturas.

| SHGT | HGTS | TEMP | UWND | VWND | WND | RELH | TPOT | UWND | VWND |
|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|
| | | oC | m/s | m/s | mb/h | % | oK | W->E | S->N |
| 1013 | 220 | | | | | | 297.8 | 5.2 | 3.9 |
| | | 1000 | 125 | 24.7 | 5.2 | 3.9 | 1.2 | 52.8 | |
| | | 925 | 803 | 21.5 | 7.0 | 6.0 | 4.6 | 43.7 | |
| | | 850 | 1530 | 16.6 | 6.7 | 9.8 | 6.8 | 53.8 | |
| | | 775 | 2311 | 12.2 | 7.3 | 14.5 | 3.8 | 60.4 | |
| | | 700 | 3158 | 7.4 | 10.3 | 19.1 | -0.26 | 58.6 | |
| | | 600 | 4411 | -0.22 | 16.7 | 20.7 | -4.0 | 53.4 | |
| | | 500 | 5846 | -9.5 | 22.1 | 21.4 | -5.9 | 36.3 | |
| | | 400 | 7528 | -22.3 | 22.8 | 27.5 | -2.0 | 36.0 | |
| | | 300 | 9569 | -39.1 | 22.8 | 27.5 | 2.9 | 31.7 | |
| | | 250 | 10794 | -48.2 | 22.9 | 28.0 | 2.8 | 34.8 | |
| | | 200 | 12240 | -54.6 | 23.5 | 30.3 | 2.9 | 20.3 | |
| | | 150 | 14072 | -56.6 | 18.8 | 22.6 | 0.57 | 7.1 | |
| | | 100 | 16613 | -60.4 | 8.3 | 11.7 | -0.79 | 4.5 | |

Contorno de Datos Meteorológicos

El programa de contornos crea un gráfico Postscript de una variable. En el siguiente ejemplo se selecciona un conjunto de datos ECMWF ERA-40 cuyos valores para el offset e incremento se toman por defecto. Los ceros indican que solamente se visualiza el primer periodo de tiempo. Cuando en la opción de localización del centro del mapa (map center location) se colocan ceros, el centro del mapa quedara determinado por defecto por el centro de la malla. El ingreso de valores negativos para el máximo e incremento de contornos obligara al programa a realizar una escala automática de contornos. No todas las variables meteorológicas se pueden visualizar, como así tampoco un archivo de datos no puede contener todas las variables en su lista de selección. Por ello, una mayor gama de opciones esta disponible a través del programa “display.exe” que se ejecuta por línea de comando. En el ejemplo siguiente se dibujan los vectores de velocidad de viento para el nivel 2, el cual sabemos que corresponde a la superficie de 1000 hPa a partir del ejemplo anterior (programa de perfiles). Los vectores de velocidad se muestran para cada punto de la malla en el dominio seleccionado para la visualización, que en este caso es un mapa con un radio de 15 grados de latitud. El numero “13” entre paréntesis al lado del símbolo de la variable “VECT” indica que la máxima velocidad del viento dentro del mapa es de 13 m/s.



Método de Cálculo de Trayectorias

Si suponemos que una partícula se deja llevar por el viento pasivamente, entonces su trayectoria estará representada por la integral en tiempo y espacio del vector de posición. La posición final se calcula a partir de la velocidad promedio entre la posición inicial (P) y la posición de primera aproximación (P').

$$\begin{aligned} P(t+\Delta t) &= P(t) + 0.5 [V(P,t) + V(P',t+\Delta t)] \Delta t \\ P'(t+\Delta t) &= P(t) + V(P,t) \Delta t \end{aligned}$$

El tiempo de integración es variable:

$$V_{\max} \Delta t < 0.75$$

Los datos meteorológicos se mantienen en su sistema de coordenadas horizontales originales. Por otra parte, estos datos se interpolan a un sistema de coordenadas verticales internas que siguen el terreno (σ):

$$\sigma = (Z_{\text{top}} - Z_{\text{msl}}) / (Z_{\text{top}} - Z_{\text{gl}})$$

Z_{top} - Tope del sistema de coordenadas del modelo de trayectoria

Z_{gl} - altura del nivel de suelo

Z_{msl} - altura de la coordenada interna



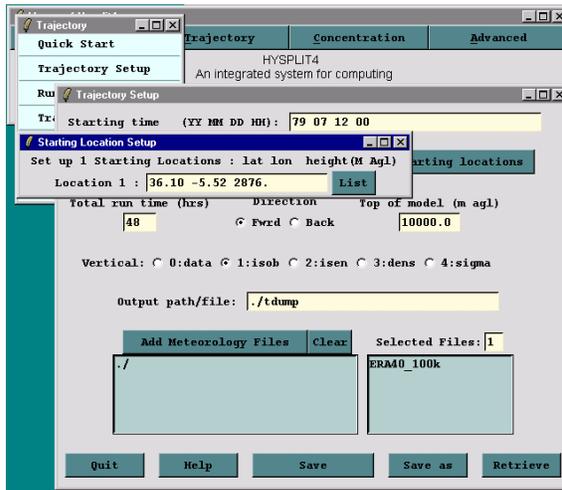
Las alturas internas del modelo se pueden elegir de forma libre, sin embargo una vez determinadas las alturas hay una relación predeterminada entre estas y el nivel vertical (k) del modelo dada por la siguiente ecuación:

$$Z_{\text{agl}} = ak^2 + bk + c$$

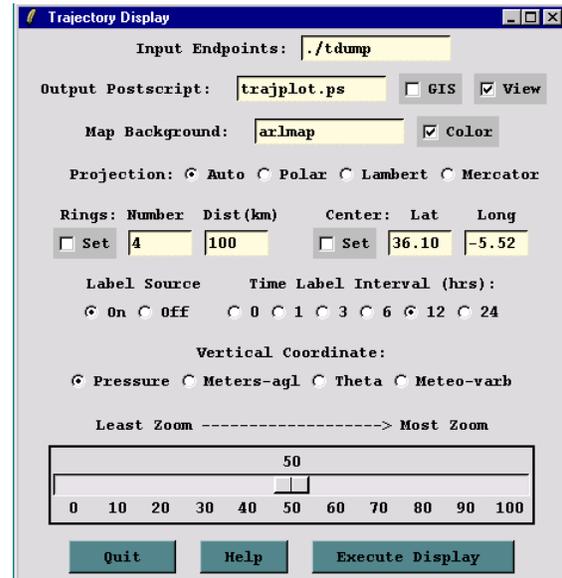
Las constantes se definen automáticamente de tal manera que la resolución interna del modelo sea la misma o mayor que la resolución vertical de los datos de entrada.

Ejemplo de Calculo de Trayectoria

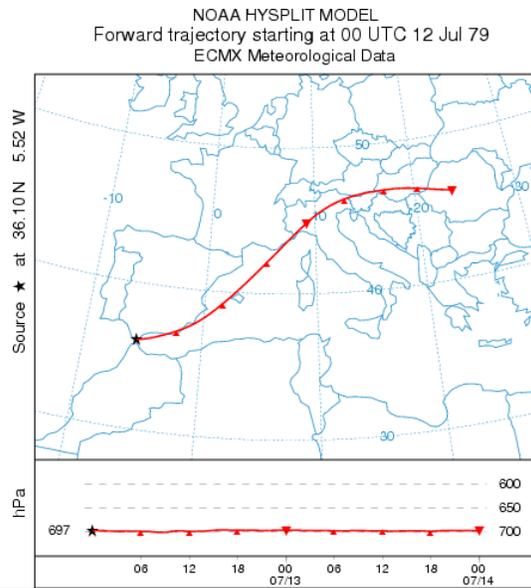
El transporte de una partícula de contaminante se ilustra a través de un calculo de trayectoria. Para este ejemplo seleccione el punto más meridional de España, introduzca una altura de aproximadamente 2876 m sobre el nivel del suelo (AGL), una duración de 48 horas y elija el método isobárico de movimiento vertical. De este modo podremos comparar la trayectoria resultante con los campos de alturas de 700 hPa. Si el GUI está debidamente configurado debería verse similar al que se muestra debajo a la izquierda. Presione en “Save” para cerrar el menú y “Run Standard Model” (Ejecutar el modelo estándar). Luego de que la ejecución haya terminado presione “Trajectory Display” (visualización de trayectoria), seleccione cualquier opción especial y luego “Execute Display” (ejecutar visualización).



[archivo de CONTROL](#)



La relación entre la trayectoria y las variaciones espacio temporales del campo de alturas de 700 hPa se ilustra en la [animación](#), la cual ha sido creada solamente con las herramientas estándar de HYSPLIT. Este procedimiento se discutirá mas adelante con mas detalle. Adicionalmente, hay algunas actividades que deben completarse en esta sección para familiarizarse con las opciones del programa: 1) ejecutar este caso desde la línea de comando, 2) dibujar círculos concéntricos de distancia en el mapa y 3) colocar el centro del mapa en un lugar diferente.

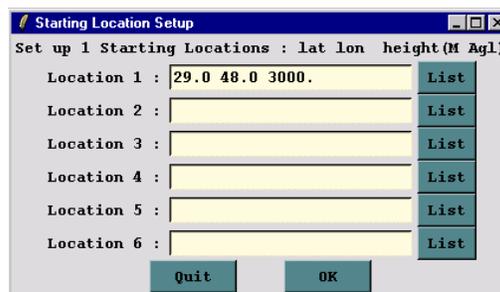
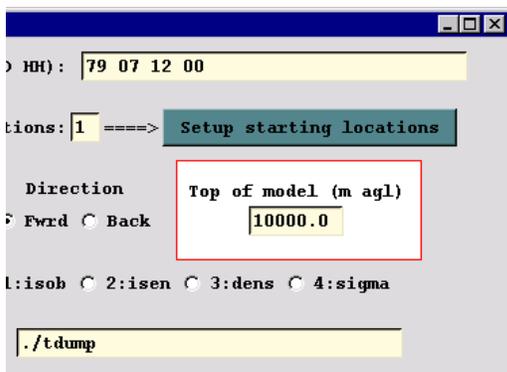


[Pagina Anterior](#)

[Próxima Pagina](#)

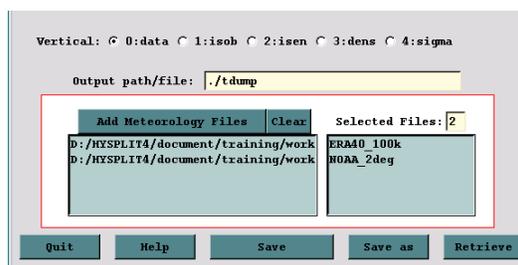
Configuración del Modelo de Trayectoria

El menú de setup tiene varias opciones que controlan el cálculo. Generalmente se deben dejar los valores que vienen por defecto. Por ejemplo, los cálculos deben utilizar el campo de movimiento vertical (Data) contenido dentro del archivo de datos. Solo bajo situaciones especiales, tales como la del ejemplo anterior, se deben seleccionar otros métodos. Algunas de estas opciones se exploraran posteriormente. El “top of the model” (tope del modelo) es la altura mas allá de la cual los datos meteorológicos no se procesan; 10 km representa un tope adecuado para cálculos dentro de la troposfera. Las trayectorias finalizan si alcanzan esta altura. Cuando se procesan un menor numero de niveles se reduce el tiempo de computación. La localización inicial se puede ingresar directamente en el menú “starting locations” o se puede elegir de la “list” (lista) predeterminada. Esta lista se puede editar (archivo “plants.txt). Para este ejemplo seleccione una altura de 3 km cerca de Kuwait.



Una de las características fundamentales de una simulación es la de poder seleccionar los mejores archivos de datos meteorológicos disponibles. En esta versión se permiten definir hasta 12 archivos simultáneamente. Cuando se definen archivos múltiples el modelo busca el archivo con mayor resolución espacial para el sitio donde se encuentra el punto final de la trayectoria para cada etapa de integración. Al ejecutarse el [archivo de control](#) correspondiente a este

caso se obtiene una [trayectoria](#) que se dirige hacia el sur.



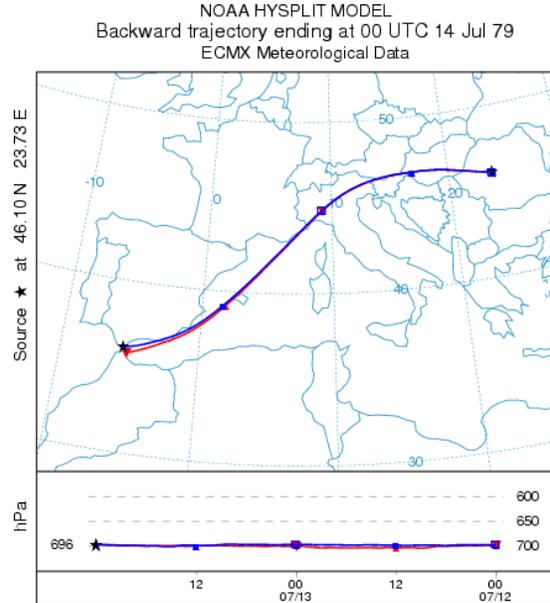
El indicador de archivo meteorológico esta escrito junto con cada posición de punto final en la segunda columna del archivo de salida [trayectoria ASCII](#). El archivo de diagnóstico [MESSAGE](#) brinda más detalles acerca del cálculo. En este ejemplo el cambio de ECMX a CDC1 ocurre a las 1500 GMT. Este cambio hace que los datos correspondientes a las 1200 y 1800 GMT sean releídos.

Error en la Trayectoria

Un calculo de trayectoria posee tres fuentes de error: el error de calculo debido a imprecisiones numéricas, la inadecuada representación de la atmósfera por parte de los datos y los errores de medición utilizados para crear los campos de datos meteorológicos.

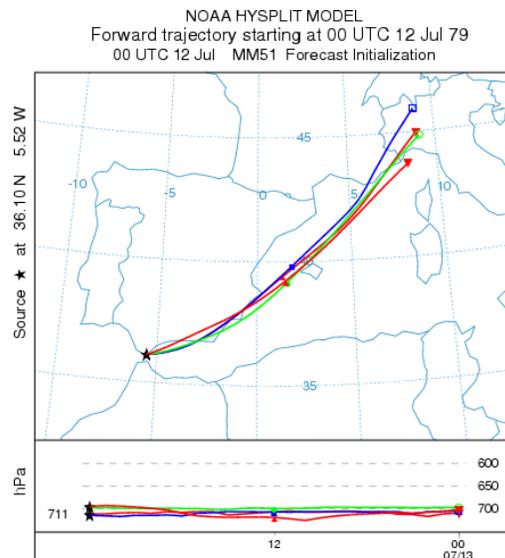
La precisión numérica del calculo puede ser estimada a partir de la ejecución de una trayectoria y una retrotrayectoria hacia el punto de origen. Ejecute el ejemplo anterior correspondiente a 700hPa. Observe el [archivo de puntos finales](#) (endpoint) y utilice la posición final (46.104N, 23.727E, 2694.7 m AGL) como punto de partida (14 de julio 0000 UTC) para calcular una retrotrayectoria. Asegúrese que los nombres de los archivos de puntos finales son diferentes para cada cálculo. Visualice ambas trayectorias en la misma figura ingresando los dos nombres de los archivos usando el símbolo + (ej. tdump1+tdump2), Nótese que la trayectoria de regreso termina en

un punto muy cercano al punto de origen inicial.



Una fuente mayor de error se origina a partir de la dificultad para representar variables atmosféricas, que son continuas en tiempo y espacio, a través de puntos de datos discretos sobre una malla. Este error es difícil de cuantificar, sin embargo se puede tener una somera idea de la magnitud del error ejecutando trayectorias con datos meteorológicos provenientes de fuentes diferentes. En el cálculo de la figura se calcularon trayectorias utilizando datos meteorológicos provenientes de ECMWF, NOAA y MM5 (resolución 108 km y 36 km). Las diferencias entre las trayectorias son mayores que el error numérico dentro del las primeras 24 horas. Estos resultados muestran una consistencia elevada entre las

trayectorias debido a la suposición de que las trayectorias son isobáricas.



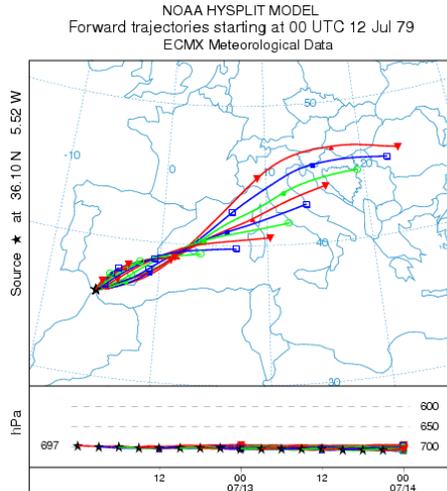
Trayectorias Múltiples

Generalmente las trayectorias comienzan solamente al tiempo inicial y en las localidades especificadas. Sin embargo las trayectorias se pueden iniciar a intervalos de tiempo regular desde la misma localidad ingresando un intervalo de reiniciacion (restart) (ej. a 3 hs). Mantenga los demás parámetros en los mismos valores que los utilizados en la trayectoria isobárica original. El gráfico de la trayectoria resultante muestra trayectorias nuevas cada 3 hs que finalizan al final del periodo de calculo de 48 hs. Las trayectorias que comenzaron mas tarde tendrán una duración menor. Para que todas las trayectorias tengan la misma duración seleccione el botón de menú “advanced” (avanzado). La opción de niveles

El GUI puede ser utilizado para configurar hasta 6 localidades de partida, aunque el modelo pueda manejar un numero ilimitado de localidades. El GUI tiene una manera de configurar una matriz regular de localidades definiendo tres localidades que representan la esquina inferior izquierda, la superior derecha y el incremento. Una vez configurado se selecciona la opción “run matrix” (ejecutar matriz) a través del botón de menú “special simulations”. El GUI reescribirá el archivo de control con el numero de localidades correspondientes (48 en este caso). El gráfico muestra las trayectorias isobáricas de 24 hs de duración. Para este caso, debido a que la altura varia a través de la matriz, en el menú “advanced” se selecciona la opción MSL (nivel medio del mar).

múltiples (multiple-level) se muestra junto a la de intervalos múltiples.

Temporal Trajectory Restart
Interval (hrs): Number of Levels:

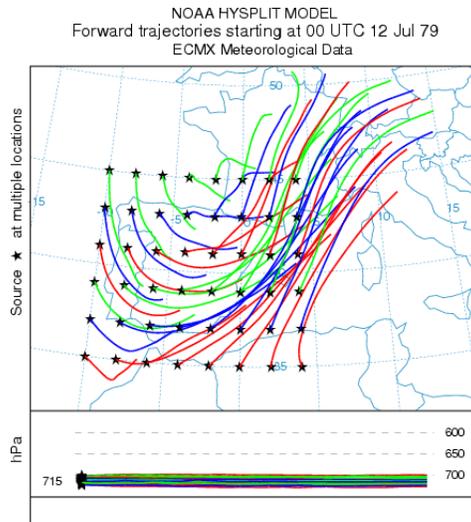


Starting Location Setup

Set up 3 Starting Locations : lat lon height(M Agl)

| Location | lat | lon | height(M Agl) | List |
|------------|-------|--------|---------------|------|
| Location 1 | 35.00 | -10.00 | 3000.0 | List |
| Location 2 | 45.00 | 5.00 | 3000.0 | List |
| Location 3 | 37.0 | -8.0 | 3000.0 | List |
| Location 4 | | | | List |
| Location 5 | | | | List |
| Location 6 | | | | List |

Quit OK



Altura del Terreno

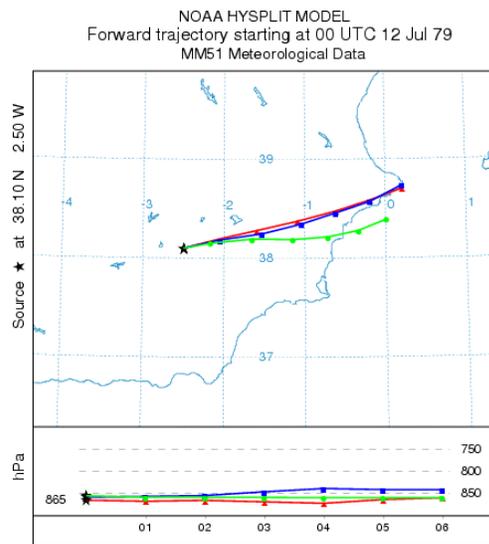
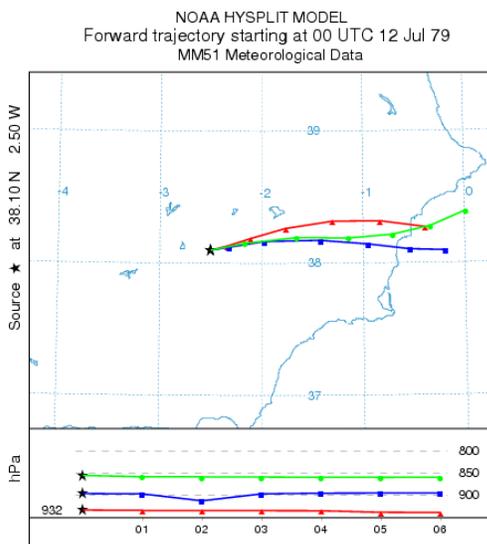
La altura inicial de la trayectoria se define sobre el nivel del suelo (AGL, above ground level). La definición de alturas se puede cambiar a nivel medio del mar (MSL, mean sea level) utilizando el botón de menú de “advanced, configuration”. Internamente HYSPLIT trata todas las alturas a través de un sistema de coordenadas que contornea el terreno independientemente de la definición utilizada en la entrada de datos. Los valores de altura del terreno vienen dados por los datos meteorológicos y estos pueden ser muy diferentes de la altura real del terreno en

un punto de interés. La localidad 38.1 N y 2.5 W sirve como ejemplo de cómo se define el inicio de una trayectoria.

Usando el programa “profile”, se puede determinar la altura del terreno en esa localidad con diferentes bases de datos.

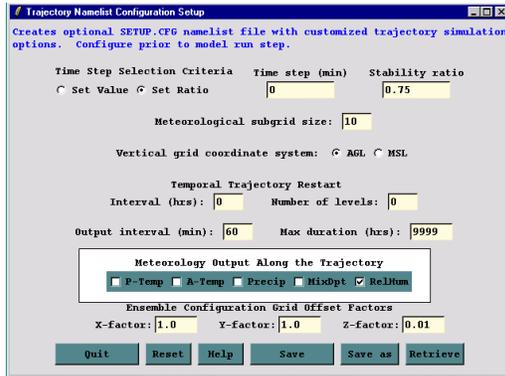
| Modelo | Resolución | Terreno |
|--------|------------|---------|
| MM5 | 12 km | 1450 m |
| MM5 | 36 km | 1081 m |
| MM5 | 108 km | 816 m |
| ECMWF | 2.5 deg | 364 m |
| NOAA | 2.5 deg | 400 m |

Las trayectorias isobáricas (para minimizar efectos de movimiento vertical) que parten de 10 m AGL, correspondientes a cada archivo de datos de MM5 se muestra en la figura de la izquierda. Supongamos que los datos con una resolución horizontal de 12 km (verde) corresponden al [caso base](#) (el mas preciso). A pesar de que cada base de datos posee la misma resolución vertical y que las trayectorias se inicializan a la misma altura AGL, estas comienzan a niveles de presión diferentes debido a diferencias en elevación del terreno entre los datos. Las trayectorias con resoluciones de 36 km (azul) y de 12 km son las que muestran mayores similitudes. En el segundo ejemplo, las alturas iniciales de las simulaciones de 36 km y 108 km (rojo) se ajustan de manera tal que todas las trayectorias comiencen en el mismo nivel de presión y ninguna de las dos se asemeja a la de 12 km. La trayectoria mas adecuada dependerá en que si el interés está puesto en las interacciones con la superficie o en el transporte de más largo alcance.

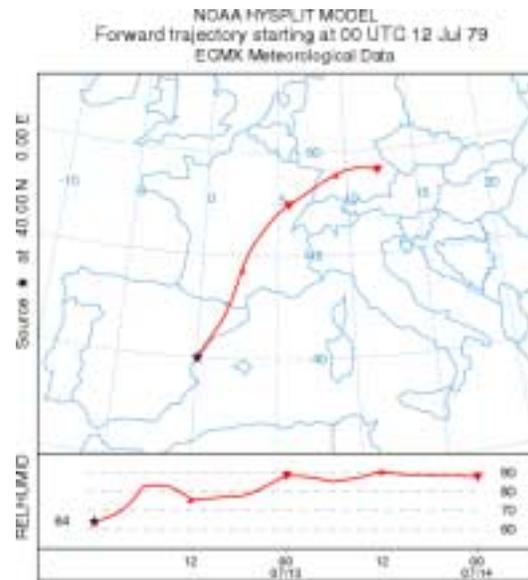
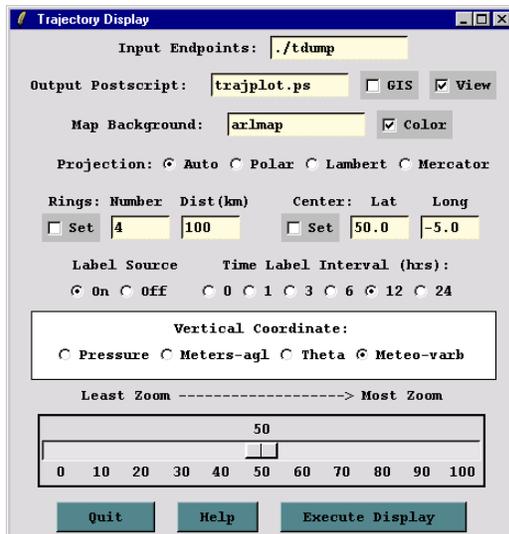


Datos Meteorológicos en una Trayectoria

Configure el [archivo de control](#) para una simulación de trayectoria partiendo del punto 40 N y 0 W, a 1500 m de altura, usando datos de ECMWF y los datos de movimiento vertical. La trayectoria resultante se dirige hacia el NE. Si se desea conocer el valor de una variable a lo largo de la trayectoria, se debe editar el [archivo de configuración](#) a través del botón de menú “advanced”. Las únicas variables que están disponibles hasta el momento son: temperatura ambiente y potencial, precipitación, altura de mezcla y humedad relativa. Se pueden seleccionar uno o varios campos, todos serán escritos en el archivo de salida, pero solamente el ultimo valor será dibujado.



Cuando el calculo este completo, la coordenada vertical que se uso para visualizar la trayectoria puede ser seleccionada a través del menú de visualización. Las variables presión y altura están disponibles para todas las trayectorias, mientras que la temperatura potencial solamente esta disponible para trayectorias isentrópicas.

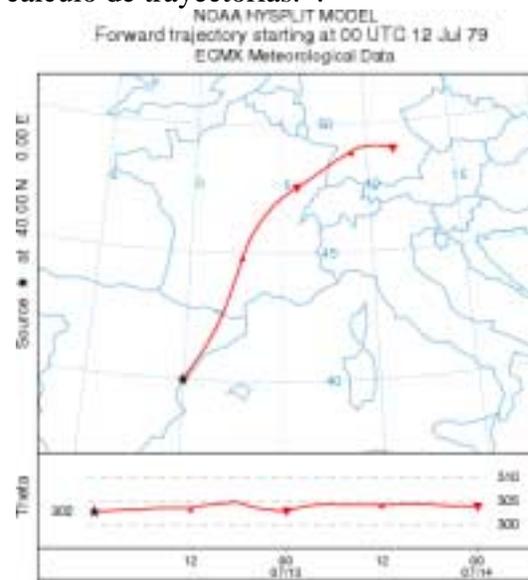
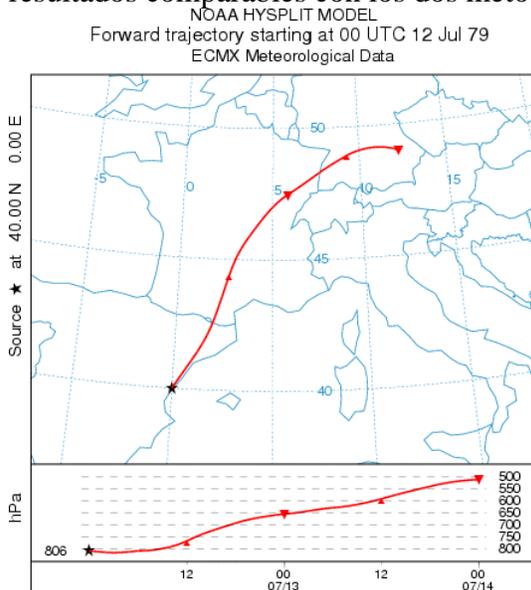


Opciones de Movimiento Vertical

Hay cinco opciones correspondientes al movimiento vertical. Se sugiere el uso del campo de velocidades verticales que viene incluido en la mayoría de las bases de datos meteorológicos. Algunas situaciones especiales requieren el uso de otras opciones como por ejemplo el transporte del un globo sobre una superficie de densidad constante, la comparación de campos de flujo isobaricos entre bases de datos o algunas situaciones en las que los campos de velocidades verticales tienen mucha variabilidad (simulaciones de alta resolución espacial).

Vertical: 0:data 1:isob 2:isen 3:dens 4:sigma

Cuando se utiliza la opción sigma, la trayectoria permanece sobre la superficie sigma original. En las opciones isobárica, isentrópica y de densidad constante (isopíctica) las velocidades verticales se calculan a partir de la ecuación: $W = (-\partial q/\partial t - u \partial q/\partial x - v \partial q/\partial y) / (\partial q/\partial z)$, donde “W” representa la velocidad requerida por la trayectoria para permanecer sobre la superficie “q” (presión, temperatura potencial, densidad). Nótese que la ecuación representa solamente una aproximación del movimiento y que una trayectoria puede desviarse de la superficie deseada. Abajo a la [izquierda](#) se muestra la trayectoria correspondiente al ejemplo previo en el que se usaron los campos de velocidad vertical del modelo ECMWF. A la [derecha](#) la misma trayectoria se calcula bajo la suposición de que el flujo es isentrópico y que la temperatura potencial solamente varía alrededor de 1 grado. Este ejemplo demuestra que bajo condiciones de flujo adiabático se deben obtener resultados comparables con los dos métodos de calculo de trayectorias.



Modelado del Movimiento de Partículas o Distribuciones de Partículas (Puffs)

Para calcular concentraciones en el aire es necesario un seguimiento de todas las partículas necesarias para representar la distribución espacial y temporal de un contaminante. Esto se puede lograr explícitamente siguiendo la trayectoria de cada partícula, a las cuales se les agrega una componente aleatoria a sus velocidades medias (basadas en el modelo meteorológico) para representar la dispersión de la nube de contaminación. Las siguientes ecuaciones representan el cálculo del movimiento horizontal de cada partícula:

$$\begin{aligned}
 X(t+\Delta t) &= X_{\text{mean}}(t+\Delta t) + U'(t+\Delta t) \Delta t, \\
 U'(t+\Delta t) &= R(\Delta t) U'(t) + U'' (1-R(\Delta t))^2)^{0.5}, \\
 R(\Delta t) &= \exp(-\Delta t/T_{Lx}), \\
 U'' &= \sigma_u \lambda,
 \end{aligned}$$

donde λ es un número aleatorio con una media de 0 y , de 1. Los cálculos pueden simplificarse si en lugar de

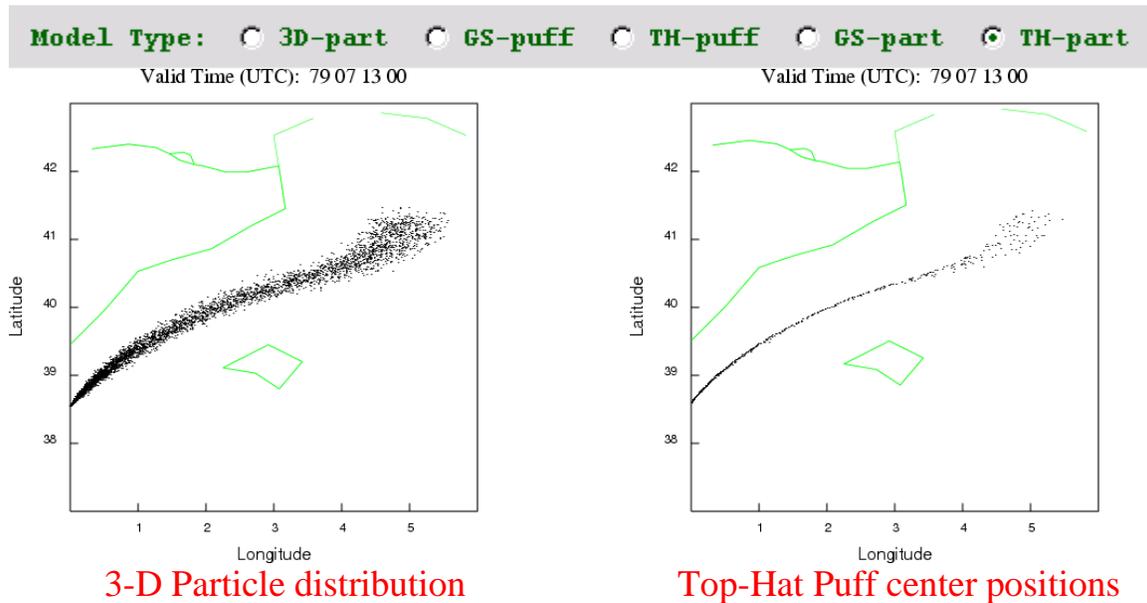
modelizar el movimiento de cada partícula se computa la trayectoria de la posición media de la partícula junto con la distribución de la partícula. La desviación estándar de la distribución de la partícula puede ser calculada a partir de todas las partículas,

$$\sigma^2 = \overline{(X_i - X_m)^2}$$

o se puede calcular sin seguir partículas individuales utilizando una forma de distribución (puff) y una ecuación para relacionar a la turbulencia local. Por ejemplo,

$$\begin{aligned}
 d\sigma_h/dt &= \sqrt{2} \sigma_u \\
 \sigma_u &= (K_x / T_L)^{0.5}
 \end{aligned}$$

Estas formas de [cálculo](#) se pueden escoger del menú "[advanced configuration](#)".



Ecuaciones de Calculo de la Concentración

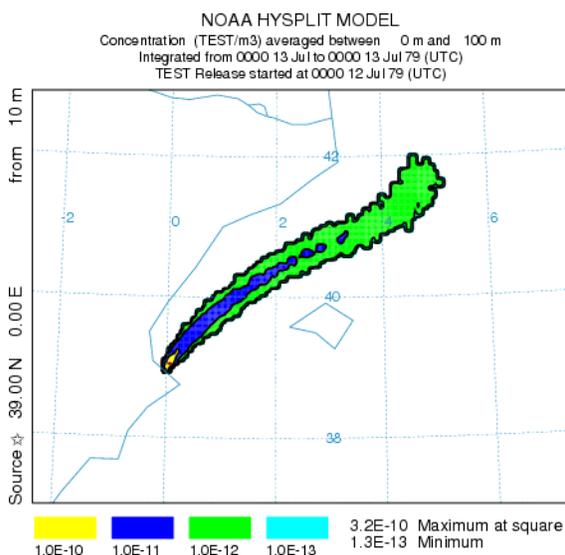
El ejemplo previo mostró una visualización instantánea de las posiciones de las partículas o de los centros de puffs luego de 24 hs de ejecución. Las concentraciones se calculan sumando la masa de cada partícula a medida que viaja sobre la malla de concentración. Cuando se utiliza el modelo de partículas, la malla de concentración es representada por una matriz de celdas cuyos volúmenes están definidos por las dimensiones de la malla. Por lo tanto la concentración se calcula dividiendo la masa de la partícula por el volumen de la celda.

$$\begin{aligned} \text{3D particle:} & \quad \Delta c = q (\Delta x \Delta y \Delta z)^{-1} \\ \text{Top-Hat:} & \quad \Delta c = q (\pi r^2 \Delta z)^{-1} \\ \text{Gaussian:} & \quad \Delta c = q (2 \pi \sigma_h^2 \Delta z)^{-1} e^{-0.5 x^2/\sigma_h^2} \end{aligned}$$

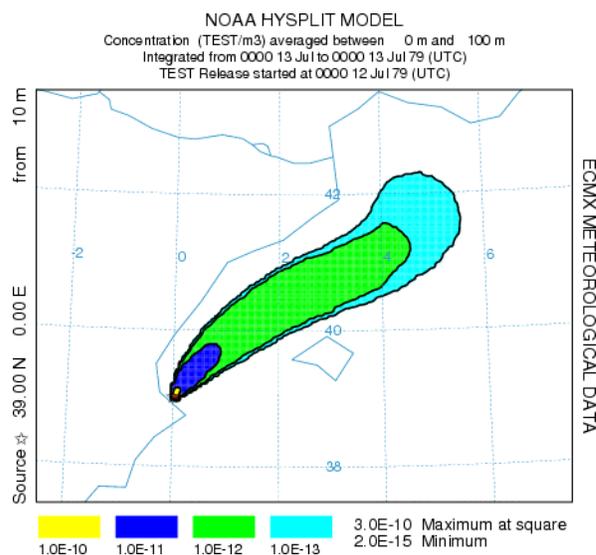
Cuando se utilizan puffs para el calculo, la malla de concentración representa una matriz de puntos de muestreo de tal modo que el puff solamente contribuye a la concentración en la medida en que pase sobre el punto de muestra. Bajo esta opción un puff puede pasar entre algunos puntos de muestreo y no ser tenido en cuenta.

$$\begin{aligned} \text{Top-Hat:} & \quad \Delta c = q (\pi r^2 \Delta z_p)^{-1} \\ \text{Gaussian:} & \quad \Delta c = q (2 \pi \sigma_h^2 \Delta z_p)^{-1} e^{-0.5 x^2/\sigma_h^2} \end{aligned}$$

Los patrones de concentración asociados al uso de distribuciones de partículas o puffs se muestran a continuación. Nótese que la distribución de puff es más suave, aunque también es mas ancha. En este caso en particular, las ecuaciones de desarrollo horizontal del puff dan valores mas elevados que los de expansión de las partículas.



Particle Concentrations



Top-Hat Puff Concentrations

Ecuaciones de Turbulencia

Dispersion: Standard Short Range Input TKE Variance

La metodología mediante la cual los datos meteorológicos son evaluados para determinar las velocidades turbulentas usadas tanto para puffs como para partículas se determinan en el menú de configuración avanzada (advanced configuration). El método determinado por defecto se denomina “standard” y se define usando la aproximación de similitud para la mezcla vertical y la velocidad de deformación para la mezcla horizontal.

$$K_z = k w_h z (1 - z/Z_i)$$
$$K_h = 2^{-0.5} (c \rho)^2 \left(\partial u / \partial y + \partial v / \partial x \right)$$

Dispersion: Standard Short Range Input TKE Variance

La varianza de la velocidad turbulenta se puede obtener directamente a partir de las funciones de estabilidad en lugar de calcular un coeficiente de difusión como etapa intermedia. Este método se denomina “Short Range” (corto alcance) y las varianzas de las velocidades en la capa límite se definen en función de u^* , w^* y Z_i . Este método no utiliza la difusividad y no se requiere ninguna suposición con respecto a las escalas turbulentas. Por ejemplo para una capa límite estable/neutral:

$$w'^2 = 3.0 u_*^2 (1 - z/Z_i)^{3/2}$$
$$u'^2 = 4.0 u_*^2 (1 - z/Z_i)^{3/2}$$
$$v'^2 = 4.5 u_*^2 (1 - z/Z_i)^{3/2}$$

Dispersion: Standard Short Range Input TKE Variance

Si el campo de TKE esta disponible, la varianza de las velocidades se pueden calcular a partir de su definición junto con las ecuaciones de varianza de velocidad presentadas anteriormente.

$$E = 0.5 (u'^2 + v'^2 + w'^2)$$
$$w'^2 = 0.52 E, \quad u'^2 = 0.70 E, \quad v'^2 = 0.78 E$$
$$u'^2 = v'^2 = 0.36 w_*^2$$

Dispersion: Standard Short Range Input TKE Variance

Algunas bases de datos meteorológicas pueden contener las varianzas de velocidad turbulenta. Este caso se presenta generalmente en datos que han sido generados a partir de programas de medición local.

Configuración del Modelo de Dispersión

El archivo de control para simulaciones de dispersión se configura desde el botón de menú “concentration setup”, cuyo formato es idéntico al del menú de trayectorias con la excepción de un botón adicional para establecer emisiones, deposición y malla de concentraciones.

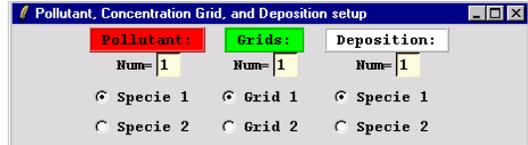


Este botón abrirá un submenú con tres opciones principales. La velocidad de emisión y deposición deben ser establecidas para cada contaminante.

Un campo de 4 caracteres únicos identifica a cada contaminante. La velocidad de emisión se expresa en unidades de masa por hora. Las unidades de masa no se definen específicamente, por lo tanto si las unidades están en kg las concentraciones serán expresadas en kg/m^3 . El momento de inicio de las emisiones puede establecerse a partir de cualquier momento posterior al comienzo de la simulación. Si se ingresan ceros (valor por defecto) en todos los campos de “Release start” (comienzo del escape) el valor que será tomado es el del tiempo de comienzo de

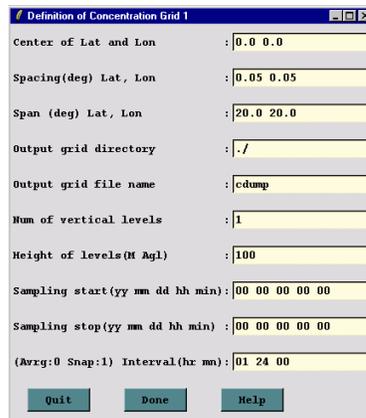
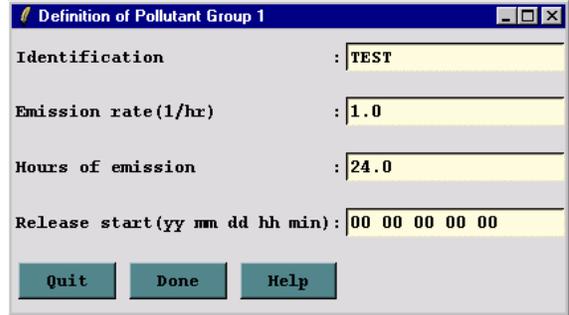
Cada malla de concentración debe estar definida. La posición de la fuente determinará el centro de la malla en caso de que este sea cero. El espaciamiento de la malla es especialmente importante para el cálculo de concentraciones ya que determina el tamaño de la celda (partículas) o la resolución de muestreo (puffs). Al definir niveles múltiples, cada altura representa el tope de la celda (partículas) o la altura real (puffs).

Normalmente las simulaciones se ejecutan para un solo contaminante.



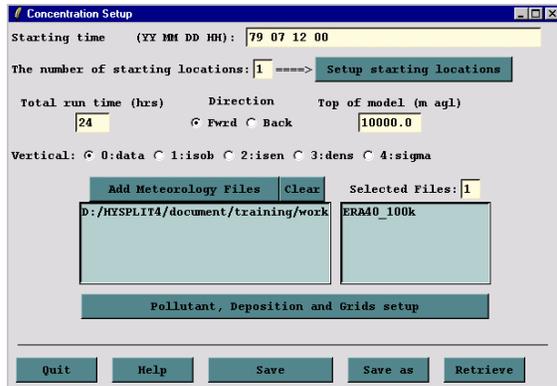
Se pueden definir varias mallas de concentración diferentes para cada simulación y también se las puede anidar en tiempo y espacio si se lo desea. Las mallas se definen automáticamente para cada especie de contaminantes.

la simulación del menú principal. Si se ingresa un valor cero para el mes y valores diferentes de cero para el día y la hora, el tiempo de comienzo de la emisión se calculará en forma relativa al tiempo de comienzo de la simulación.



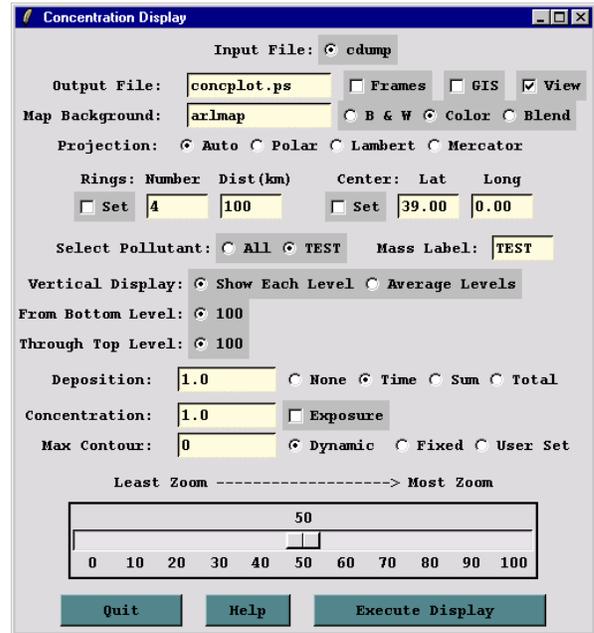
Ejemplo de Calculo de Dispersión

A continuación se muestra el menú “concentration setup” para el ejemplo dado al comienzo de esta sección (datos ECMWF, fuente 39N 0W 10m, 24 h de emisión y simulación, concentración instantánea al final de 24 h y 5000 partículas – menú “advanced”).

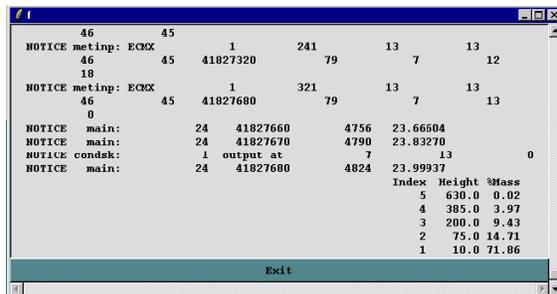


Luego de ejecutar el modelo estándar (“run standard model”), se pueden visualizar los resultados utilizando el menú “display concentration”. En el ejemplo, para generar el gráfico se utilizan los valores dados por

defecto. Como ejercicio se podría reemplazar el archivo de mapa de fondo que viene por defecto por el archivo alta resolución para España (map_spain).



Todas las simulaciones de HYSPLIT generan un archivo de texto denominado MESSAGE que contiene información de diagnostico acerca de la simulación. Use el GUI con el botón de menú “advanced” para visualizar el archivo. Para este caso, 23.99937 unidades de masa se encuentran todavía dentro del dominio al final de la simulación. La distribución vertical de la masa muestra que el 96% de la masa se encuentra dentro de los 200 m del suelo. Esta distribución se calcula independientemente de la malla vertical de concentraciones.

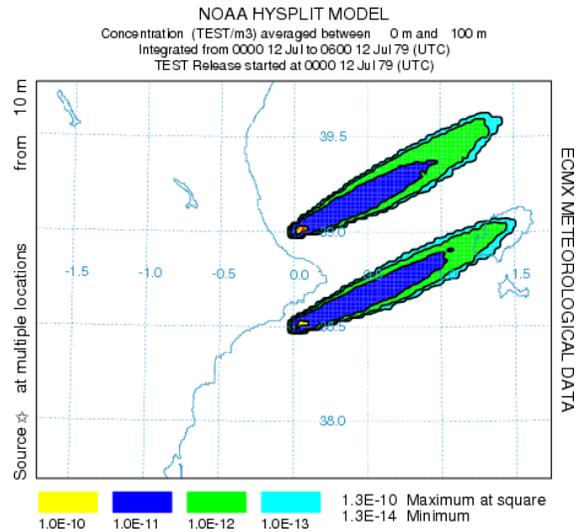


Como ejercicio ejecute nuevamente el modelo desde la [línea de comando](#) utilizando los archivos de CONTROL y

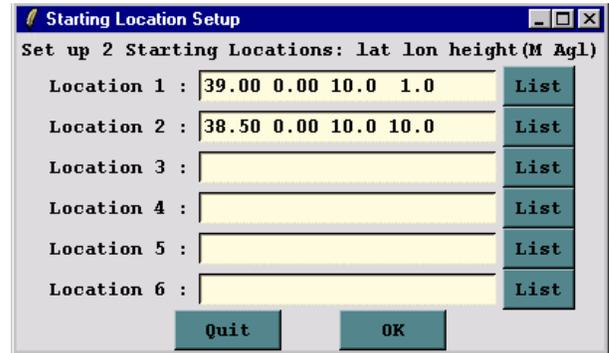
SETUP.CFG que fueron creados por el GUI. Estos archivos se pueden editar manualmente para su posterior uso en diferentes simulaciones. La mayoría de los programas, (ej. Programas de visualización de concentración) tienen opciones adicionales disponibles por [línea de comando](#) y que no pueden ser usadas a través del GUI.

Definición de Fuentes Múltiples

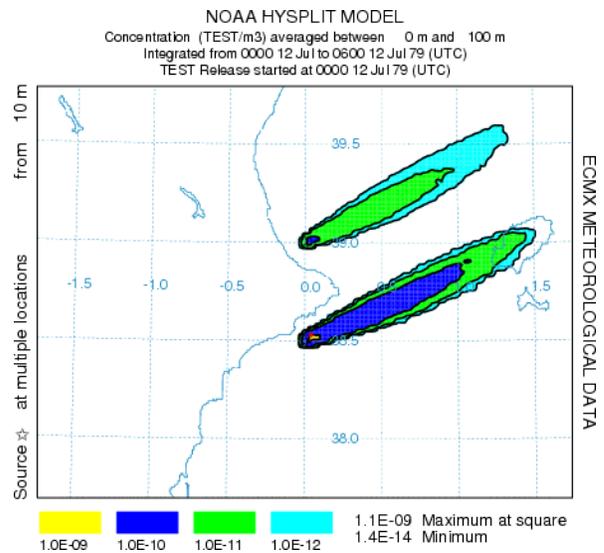
El [archivo de CONTROL](#) para el ejemplo de base en esta sección ha sido modificado de manera tal que la duración y el intervalo de salida de datos sean de 6 horas, las concentraciones se promedian y la malla de concentración ha sido reducida a 2 km. Cuando se agrega una segunda fuente que se localiza en 38.5 N se observan dos penachos adyacentes y casi idénticos. Nótese que se aplica una velocidad de emisión de 1 unidad por hora para todas las fuentes.



La velocidad de emisión de cada fuente puede ingresarse a través del menú al lado de los datos de altura de escape (release height), aunque esto no se muestre explícitamente en el GUI. Para mayor detalle diríjase a los archivos de ayuda. En este ejemplo la velocidad de emisión de la segunda fuente ha sido aumentada 10 veces.



Si se ejecuta nuevamente el modelo usando este [archivo de CONTROL](#) se observa una diferencia obvia en las concentraciones de los dos penachos. Aunque las escalas de color sean diferentes entre las dos figuras, se observa que las concentraciones del segundo penacho han aumentado proporcionalmente al incremento en las emisiones. Existe un quinto campo de datos que se puede agregar en la línea de localización de la fuente (source location) que representa un penacho con tamaño inicial (fuente virtual). Este campo representa un área (m²) y es aplicable a simulaciones de puff.



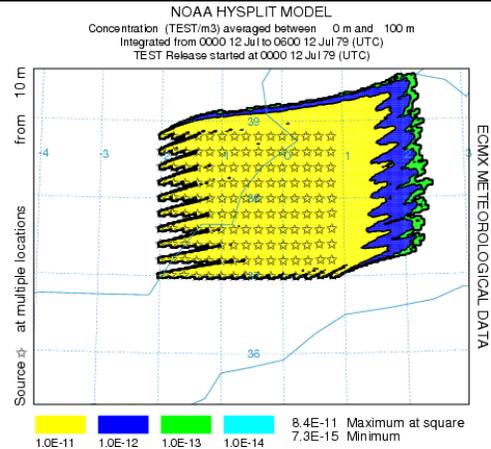
Simulaciones usando Mallas de Emisión

Existen dos aproximaciones para modelizar escenarios de emisión más complejos. El primero es una extensión del uso del archivo de control para crear una matriz de emisión utilizando tres localidades, de las cuales las dos primeras representan las esquinas de la malla y el tercer punto representa su espaciamiento. El modelo se ejecuta utilizando el menú “Special Simulations – Run Matrix” (ejecutar matriz).

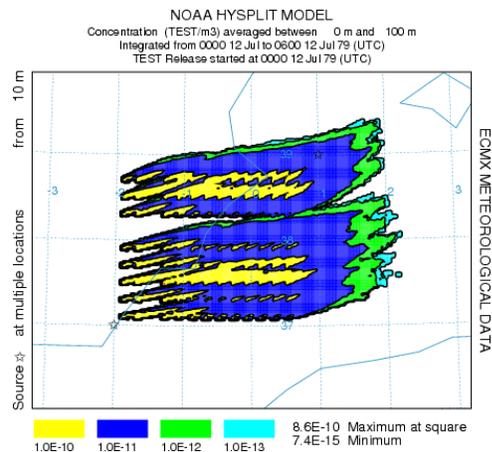
Antes de la ejecución del modelo el [archivo de control de las 3 localidades](#) se transcribe a un [archivo de control nuevo](#) que contiene 150 localidades. El gráfico generado por defecto muestra la concentración promedio de 6 hs junto con la distribución espacial de cada punto de emisión. Este gráfico puede modificarse usando las [opciones de línea de comando](#) y se puede generar un [gráfico considerablemente mas simplificado](#). El archivo de control se puede editar manualmente para personalizar la velocidad de emisión.

Otra posibilidad es la utilización de un [archivo de emisiones](#), en el cual se ordenan velocidades de emisión horarias para cada localidad. Un [archivo de emisión de texto](#) define la malla en la cual los datos de emisión serán acumulados. Aquí se muestra una simulación que utiliza esta aproximación para el mismo caso anterior. El [archivo de control](#) debe definir las esquinas inferior izquierda y superior derecha del dominio de emisiones deseado, el cual puede ser más grande o más pequeño que los datos disponibles. Los resultados que se muestran tienen aproximadamente los mismos valores de concentración que los obtenidos anteriormente. Sin embargo aparentemente hay algunas diferencias atribuibles a errores de redondeo ocasionales que carecen de importancia. Debido a que

| Location | lat | lon | height (M Agl) |
|------------|-------|-------|----------------|
| Location 1 | 37.00 | -2.00 | 10.0 |
| Location 2 | 39.00 | 1.00 | 10.0 |
| Location 3 | 37.20 | -1.80 | 10.0 |
| Location 4 | | | |
| Location 5 | | | |
| Location 6 | | | |

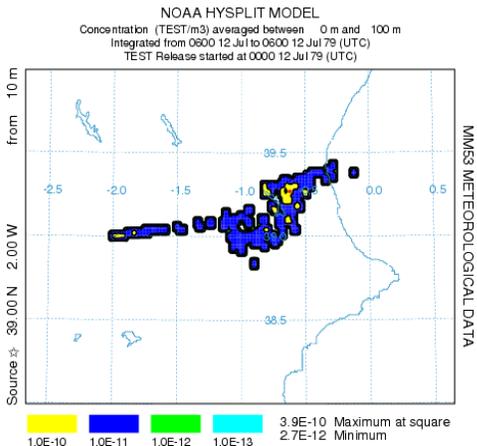


las emisiones son continuas y ocurren en muchos lugares estas simulaciones requieren un incremento en el máximo [número de partículas](#) (maxpar).

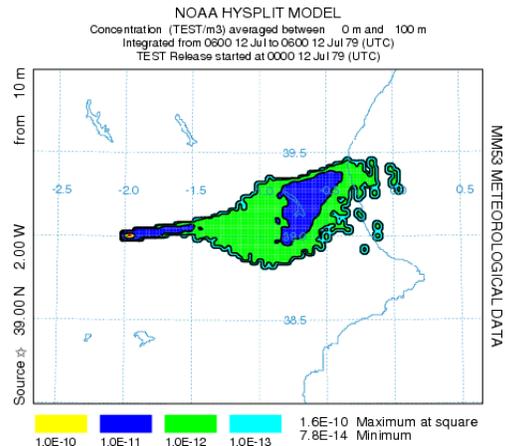


Opciones de Visualización de Concentraciones y Partículas

Ejecute una [simulación](#) instantánea de 6 has, con 500 partículas 3D, con una fuente localizada en 39 N - 2W utilizando una malla con una resolución de 0.02 grados y datos meteorológicos de MM5 con una resolución de 12 km. La salida de las concentraciones muestra un patrón ruidoso que indica que se usaron muy pocas partículas. Ejecute la simulación nuevamente con [5000 partículas](#) y los [resultados](#) serán más suaves. Sin embargo si se realiza una ejecución con 50000 partículas, el patrón de concentración es mas estructurado. Estas ejecuciones puede tomar bastante tiempo, sin embargo si el modelo se ejecuta con 500 top-hat puffs los [resultados](#) son muy similares a los obtenidos con 50000 partículas tridimensionales.



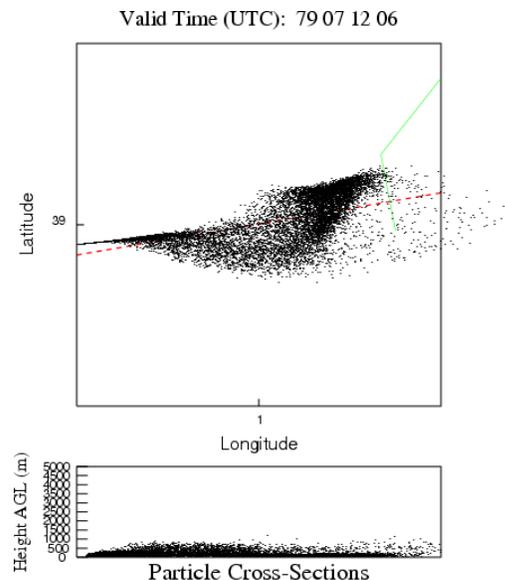
500 Particles



50,000 Particles

El menú de visualización (display) posee opciones para mostrar distribuciones instantáneas de partículas, si se ha elegido la opción de salida de partículas (particle dump) en el menú de configuración avanzada. Se dispone de visualizaciones horizontales, verticales y transversales. La visualización transversal correspondiente a la ejecución con 50000 partículas se grafica automáticamente dependiendo de la distribución de estas. Otra opción contempla la visualización directa de los valores de las concentraciones sobre la malla sin interpolación a través del botón [“pointer select”](#). Esta opción mostrará el dominio de concentración entero y

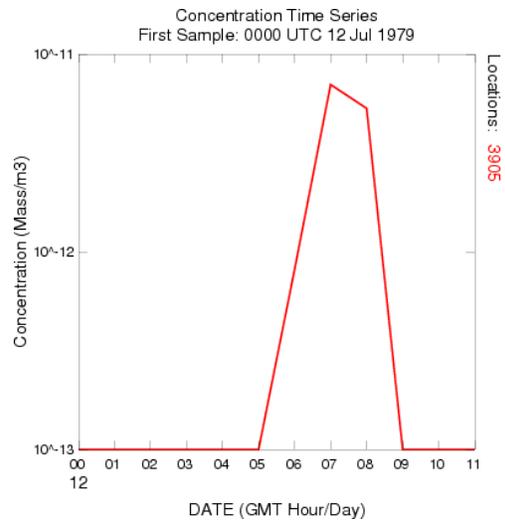
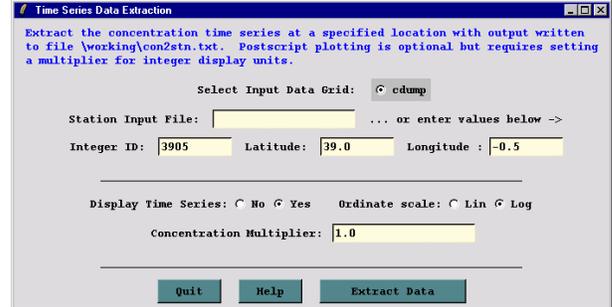
normalmente se deberá ajustar el “span” para optimizar la región que se visualiza.



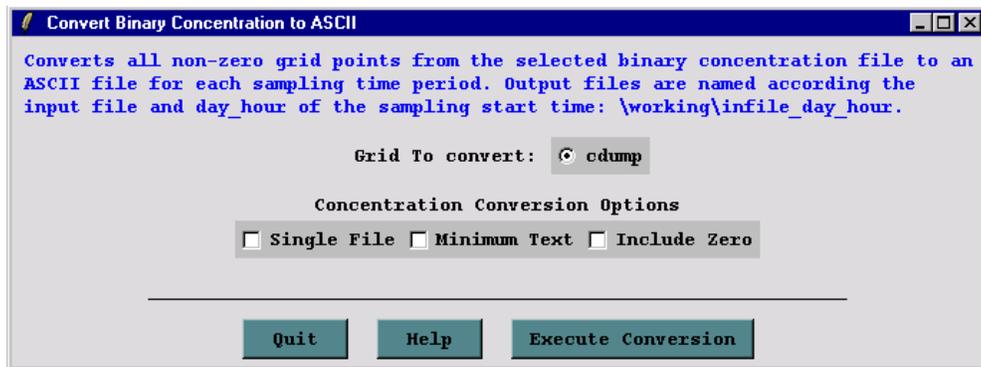
Conversión de Datos de Concentración a Texto

El archivo de salida de concentraciones tiene un formato binario y existen varias opciones para convertir estos datos a otros formatos a través del menú “Utility Programs” (programas de utilidades). Prepare un archivo de salida con periodos múltiples de tiempo a través de la ejecución de la [simulación](#) correspondiente al ejemplo anterior. Ejecute el modelo con un tiempo de duración total de 12 hs generando salidas de promedios horarios y partiendo del punto localizado en 39N-2W. La emisión continua produce un [penacho](#) que se mueve hacia el este y que va de norte a sur. Abra ahora el menú “Grid to Station” (malla a estación), seleccione un punto a sotavento (39N-0.5W) y proporcionele una identificación única. Se creará un [archivo de salida ASCII](#) que contiene los valores de concentración interpolados a ese lugar. Si se desea usar esta opción para varios lugares, se debe crear un archivo de entrada de datos que contenga las diferentes estaciones. Para crear una

serie de datos temporal seleccione el botón “Display Time Series”.

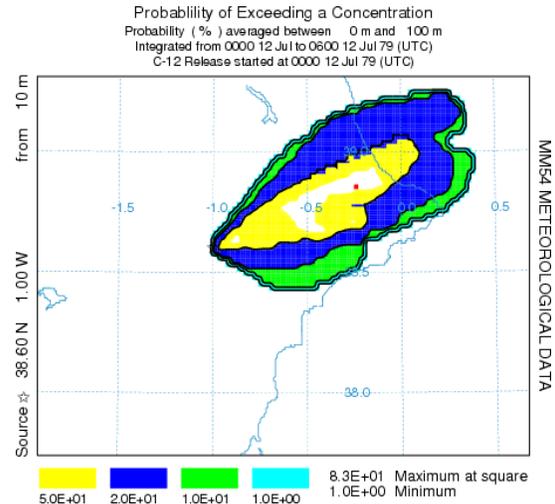
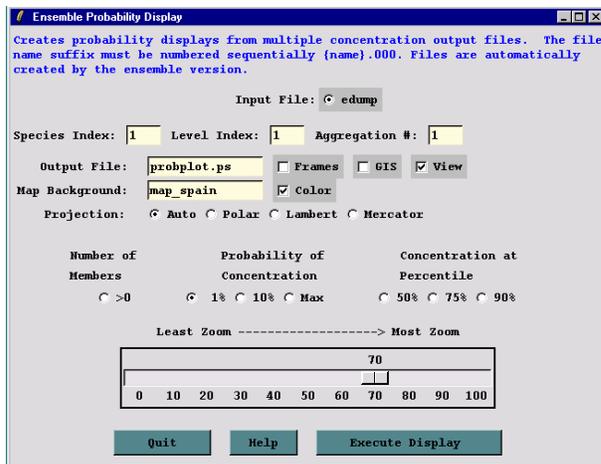


El menú “Convert to ASCII” convertirá cada valor de la malla que sea diferente de cero a su equivalente en ASCII, escribiendo un archivo de salida de datos por cada periodo de tiempo. Los archivos se nombran de acuerdo con el nombre del archivo binario de origen, día juliano y hora del periodo de muestreo. Este [archivo](#) muestra la salida de datos correspondiente al primer periodo de tiempo.

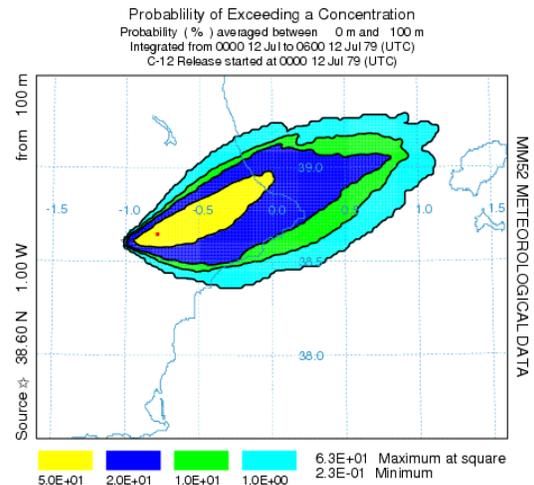


Conjuntos de Concentraciones

En lugar de crear una simulación de concentraciones única y determinista se pueden combinar una serie de simulaciones múltiples para generar un solo gráfico que represente la variación de la probabilidad de concentraciones a través de varios programas que vienen incluidos en esta versión de HYSPLIT. La aproximación más simple es ejecutar el programa varias veces cambiando algún parámetro. Otra posibilidad es la de modelizar con datos meteorológicos provenientes de diversas fuentes. [Cada simulación](#) comienza en el punto 38.6N-1W a 10 m de altura. Se realizan seis simulaciones para obtener el promedio de concentraciones para 6 hs con diferentes bases de datos meteorológicos provenientes de [NCEP](#), [ECMWF](#), [MM5-108km](#), [MM5-36km](#), [MM5-12km](#) y [MM5-4km](#). Para convertir estos datos a un formato de probabilidad, los archivos binarios de salida se deben nombrar con el sufijo .001, .002, etc. y luego se selecciona “Ensemble” del menú de “Display Opciones”. Se dispone de tres opciones de visualización: número de miembros, probabilidad de superar una concentración y concentración a diferentes niveles de probabilidad. Cuando se selecciona el 1% del máximo, el gráfico de probabilidad muestra el nivel 10^{-12} .



Otra posibilidad es la de generar un conjunto interno a partir de una sola base de datos meteorológicos. Este tipo de cálculos forma parte de HYSPLIT y se puede seleccionar mediante la opción “Run Ensemble” desde el botón de menú “Special Simulations”. En estas simulaciones los datos meteorológicos son perturbados para probar la sensibilidad del campo de flujo produciendo un total de 27 miembros. Sobre la derecha se muestra el conjunto de ejecuciones para el caso de MM5 con 36 km de resolución.



Módulos de Conversión Química

Generalmente los contaminante son tratados en forma independiente (un contaminante por partícula). Sin embargo se pueden definir varios contaminantes por partícula usando el modulo simple de conversión química a través del menú “advanced configuration”. Como demostración ejecute primero la [simulación base, configurada](#) de forma similar al ejemplo previo (MM5 36 km, duración 6 hs). Luego configure el modelo para dos contaminantes a través del menú “Pollutant, Grid, Deposition”. Nombre a cada contaminante con una única identificación y configure el segundo contaminante para que no sea emitido. Al ejecutar el modelo con [esta configuración](#) se generara el mismo

Se pueden seleccionar varios contaminantes a través de menú “Display Concentration”. La opción

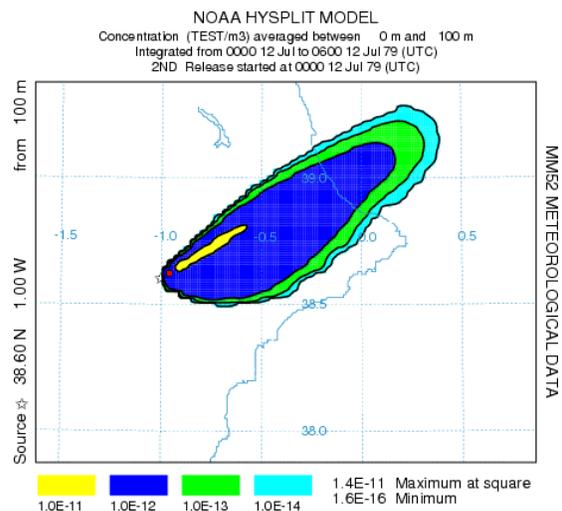
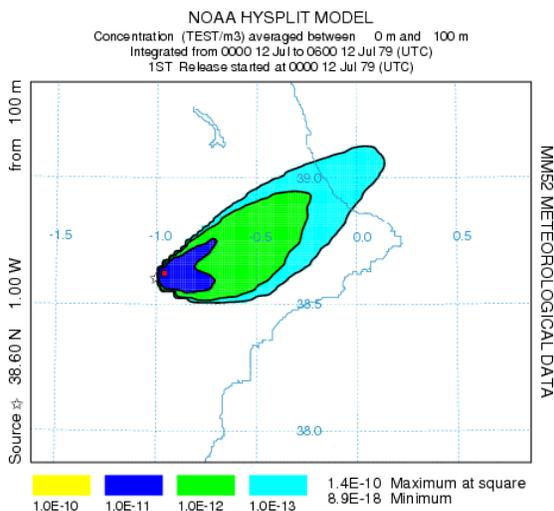
El valor de conversión (10% por hora) puede ser modificado a través de la creación del archivo “[chemrate.txt](#)” en el cual se definen los índices de cada especie y el porcentaje de conversión (50% en este caso). Si este archivo se coloca en el directorio de inicio del modelo, el modulo de conversión usará estos valores y producirá los siguientes resultados para los dos contaminantes.

resultado que el anterior. Ahora marque el modulo de conversión química de 10%/hora a través del menú “[advanced configuration](#)”. La ejecución genera concentraciones del segundo contaminante.



“All” suma todos los contaminantes en un solo mapa.

Select Pollutant: ALL 1ST 2ND

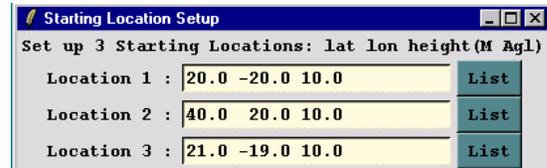


Modelado de Emisiones de MP10 provenientes de Tormentas de Polvo

El modelo contiene un algoritmo de emisión de MP10 que emite partículas que parten de celdas cuya clasificación de uso de suelo sea la de desierto y cuya velocidad de fricción supere un cierto valor límite. Para mayores detalles acerca de esta metodología dirigirse a las referencias on-line de HYSPLIT.

Para ejecutar el modelo con este tipo de aproximación se emplea una configuración similar a la utilizada para las matrices. Se establecen tres localidades: las dos primeras representan los límites del dominio sobre el cual se

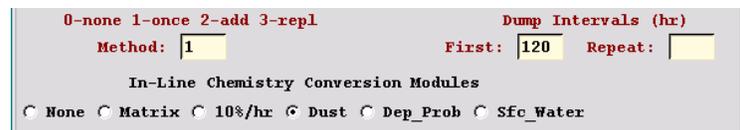
emite el polvo y la tercera establece su resolución.



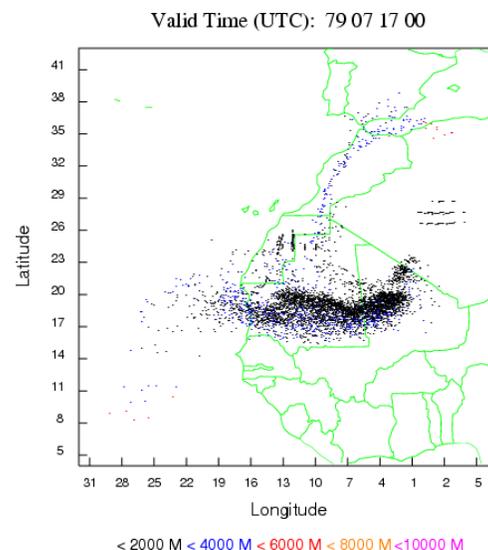
Para este ejemplo ejecute el modelo para una región del norte de Africa, comenzando el 12 de julio y con una duración de 5 días. Utilice los datos de ECMWF y establezca una resolución espacial de concentraciones de 0.2 grados para que el cálculo tome menos tiempo. La duración de la emisión debe ser establecida en 120 horas.

El [archivo inicial de control](#) tendrá solamente 3 localidades de partida. En el menú “Advanced Configuration” elija el modulo de conversión “Dust” (polvo), el modo de partícula 3D y obtenga el archivo de salida de partículas al finalizar las 120 horas. El archivo de salida de partículas será utilizado en el próximo ejemplo. Los demás

parámetros que se encuentran en el archivo “[namelist](#)” pueden conservar los valores que vienen dados por defecto.

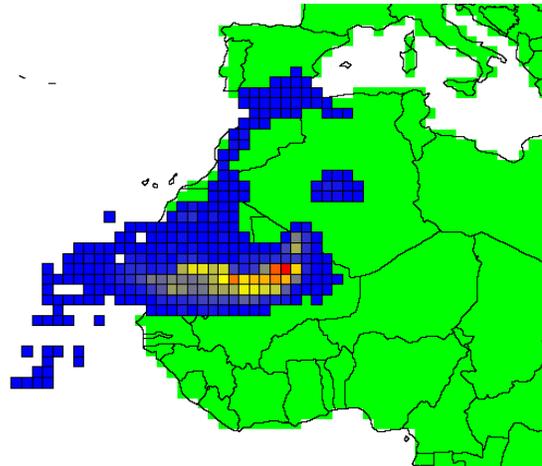
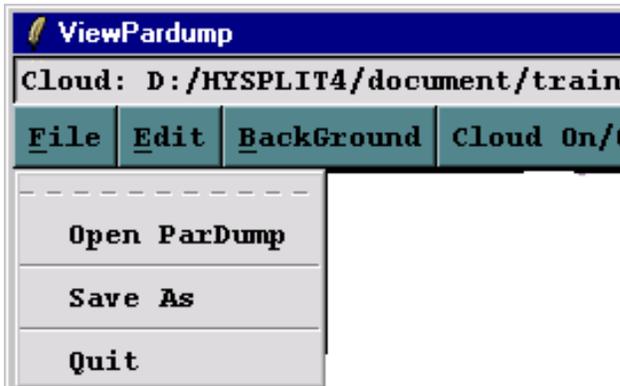


El modelo se ejecuta usando el botón “Run Dust Storm” del menú “Special Simulation”. El modelo utiliza un preprocesador que escribe los valores de todas las localidades que puedan ser clasificadas con un uso de suelo de desierto en un [archivo de control](#) que será utilizado para la simulación. Solo las celdas cuya velocidad de fricción supere el límite emitirán polvo. Al finalizar la ejecución utilice el programa de visualización de partículas para mostrar la distribución del polvo. Nótese que el polvo alcanza el sur de España.

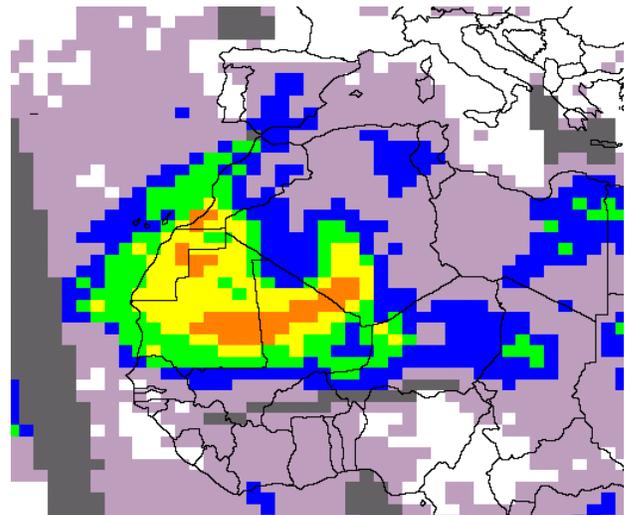
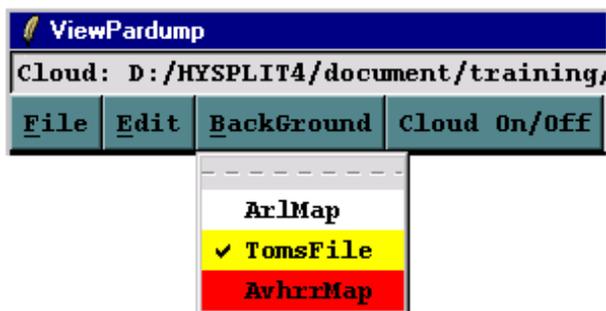


Inicialización del Modelo a partir del Archivo de Salida de Partículas

El botón de edición de partículas (“Particle Editor”) del menú “Advanced” posee diversas funciones. Además de permitir la visualización del archivo de salida de partículas, también puede ser utilizado para mover partículas a sitios diferentes y luego reescribir el archivo con sus nuevas posiciones. Con este nuevo archivo de salida de partículas se puede reiniciar la simulación usando el menú de configuración. Este menú abre un mapa en blanco con varios botones. Al seleccionar “File” podrá tener acceso al archivo de salida de partículas. Use el archivo creado en el ejemplo de la tormenta de polvo. La densidad de partículas se muestra con una resolución de 1 grado.



El botón de elección de fondo (background) se usa para seleccionar dos tipos de archivo: un archivo TOMS con índices de aerosoles, que se puede obtener a través del menú del web site de NASA, o un archivo NOAA AVHRR que contiene profundidad óptica sobre los océanos. La imagen de TOMS correspondiente al 16 de julio tiene una similitud remarcable con la generada por el modelo, incluyendo el leve penacho de polvo sobre el sur de España. En este caso en particular el modelo y las mediciones coinciden de tal manera que no es necesario ningún ajuste.

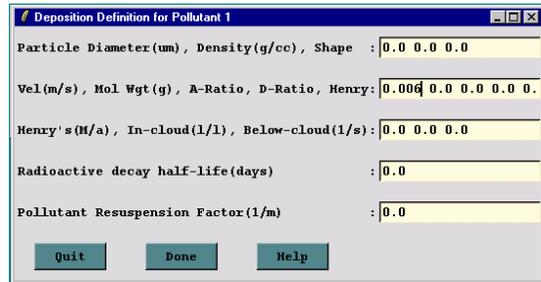


Deposición de Contaminantes

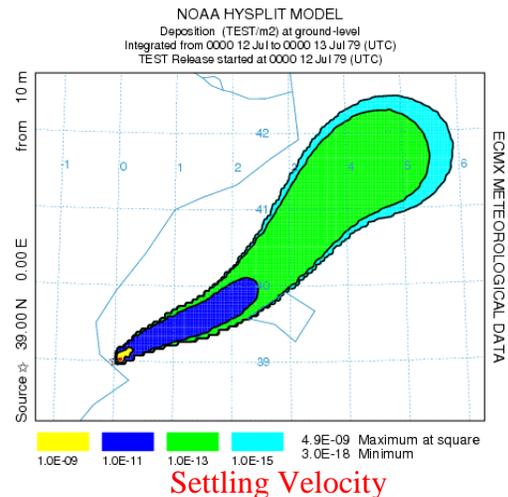
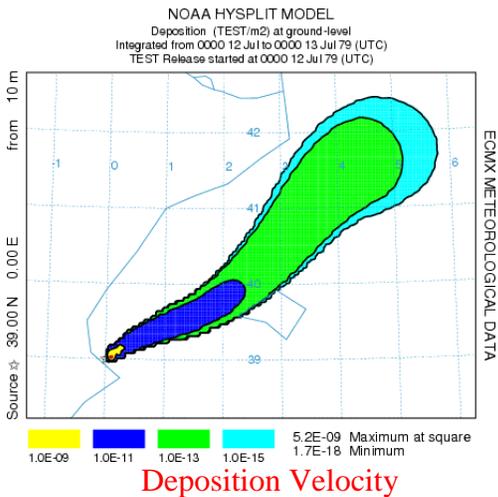
El efecto de la deposición (D) sobre una partícula se refleja como una pérdida de masa debido a la suma de procesos decaimiento de primer orden (β); $D_{wet+dry} = m \{ 1 - \exp[-\Delta t (\beta_{dry} + \beta_{gas} + \beta_{inc} + \beta_{bel})] \}$.

[Configure el modelo](#) para una ejecución de 24 hs utilizando los valores dados por defecto, partiendo del punto 39N-0W, usando datos del ECMWF y emitiendo una unidad por hora. Establezca una malla de concentración de 0.05 grados de resolución y un nivel vertical localizado a cero metros (para deposición). Esta simulación no dará ningún resultado debido a que la deposición no ha sido activada. Abra el menú de deposición e ingrese una velocidad de 0.006 m/s. Téngase en cuenta que al ingresar directamente el valor de la velocidad el

decaimiento de primer orden viene dado por $\beta_{dry} = V_d \Delta Z_p^{-1}$. Los resultados en la figura de la izquierda muestran la deposición que experimenta el puff a medida que se desplaza sobre el dominio.



La deposición seca de una partícula debido a sedimentación gravitacional se puede calcular utilizando el diámetro y la densidad de la partícula: $V_g = d_p^2 g (\rho_g - \rho) (18 \mu)^{-1}$. Al ingresar una densidad de 5 g/cc y un diámetro de 6 μ m se obtiene una velocidad de sedimentación aproximada a la que se utilizó anteriormente (0.6 cm/s). Los resultados de [esta configuración](#) son casi idénticos a los del cálculo anterior.



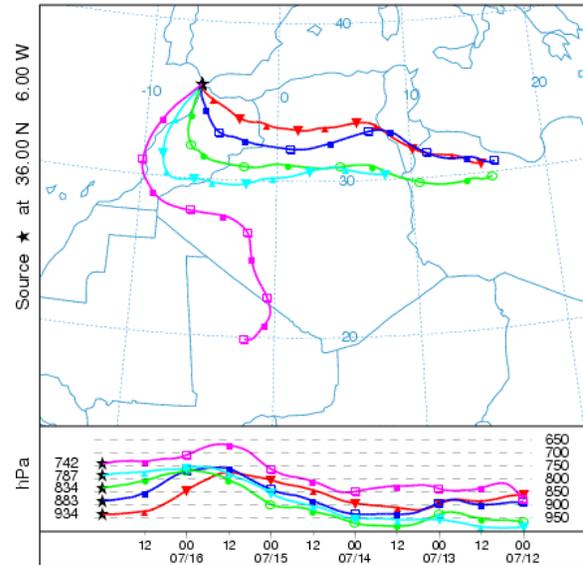
Seleccionando la opción “Deposition Probability” en el menú advanced, las partículas serán borradas si $R < \beta_{dry} \Delta t$ (R es un número aleatorio (0-1)). En esta opción, el modelo debe estar configurado para ejecutar partículas 3D. Si se incluye un número suficiente de partículas los resultados serán idénticos a los obtenidos con otras opciones de deposición.

Atribución a Fuentes utilizando Retrotrayectorias

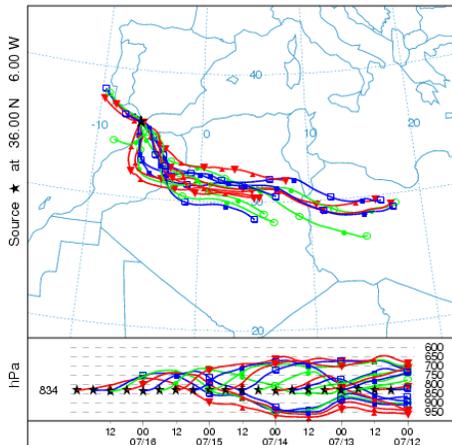
Frecuentemente es necesario atribuir una medición de contaminación a una fuente específica. Una opción consiste en calcular una retrotrayectoria para determinar el origen de la masa de aire. Sin embargo la incerteza inherente a una única trayectoria puede restar su utilidad. Para reducir esas incertezas se pueden calcular trayectorias múltiples en altura, tiempo y espacio. Utilicemos el ejemplo previo de las observaciones de la tormenta de polvo (TOMS) sobre el sur de España usando el 17 de Julio como punto de partida. El calculo de retrotrayectorias utilizando [alturas múltiples](#) muestra claramente el transporte proveniente del norte de Africa para todos los niveles verticales.

Cuando las condiciones meteorológicas cambian rápidamente también pueden contribuir al incremento de la incerteza, especialmente si el muestreo del contaminante representa un promedio en lugar de un valor instantáneo de concentración. Establezca la altura (1500 m) y utilizando el [menu advanced](#) ingrese un intervalo de 6 horas para recomenzar (restart). Casi todas las trayectorias se originan en el norte de Africa durante el periodo de 5 días. Un examen más exhaustivo del [archivo de salida de trayectoria](#) determinará el momento en que ocurre el cambio temporal. Una tercera variación consiste en examinar la sensibilidad espacial. En este caso establezca cuatro [puntos de partida](#) adicionales con una separación del punto central de 1 grado. El resultado muestra una división en las propiedades del flujo, mas lento hacia el oeste y mas rápido hacia el este.

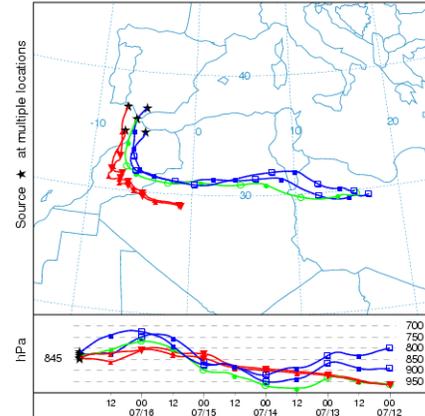
NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 00 UTC 17 Jul 79
ECMX Meteorological Data



NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 00 UTC 17 Jul 79
ECMX Meteorological Data



NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 00 UTC 17 Jul 79
ECMX Meteorological Data

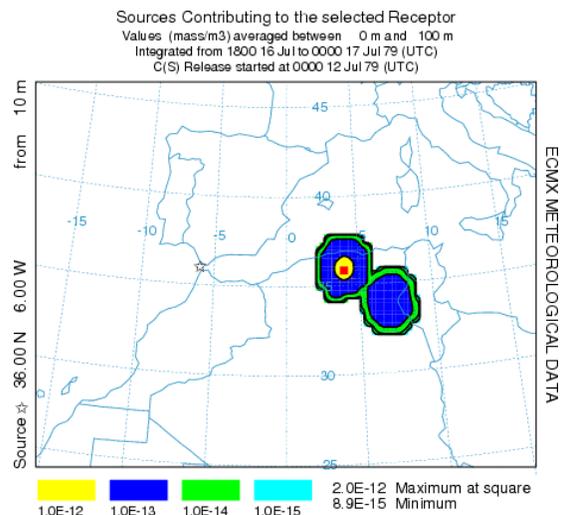
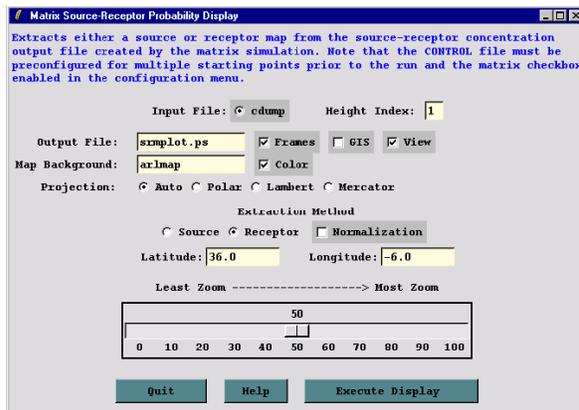


Atribución a Fuentes por medio de Matrices

Para realizar una atribución a fuentes utilizando matrices se prepara el modelo para una ejecución similar a la utilizada para simular fuentes múltiples. Utilice los mismos 3 puntos de inicio que fueron usados para [la simulación de la tormenta de polvo](#) para definir la región de localización de fuentes (20N-40N and 20W-20E). Usando los datos de ECMWF ejecute el modelo con partículas 3D, con una duración de 120 hs y generando salidas cada 6 hs. Reduzca la resolución de la malla de concentración a 0.5. Antes de ejecutar el modelo utilizando el botón “Run Matrix” del menú “Special Simulations”, es necesario elegir el botón “Matrix” en el menú de configuración avanzada (advanced configuration). Esta opción producirá la reconfiguración de la malla de concentración de tal manera que a cada fuente (861 en este caso) le corresponderá su propia malla de concentraciones.



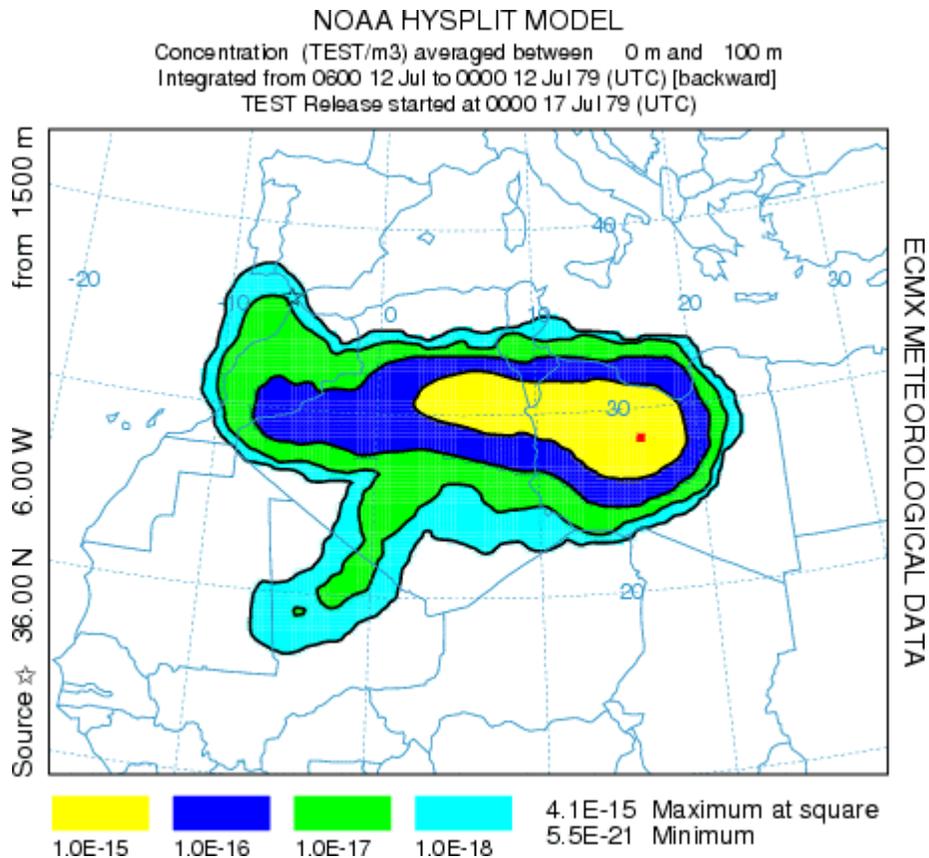
El archivo final de salida de la concentración se puede visualizar solamente mediante el botón “Matrix” del menú de visualización. El termino matriz (“matrix”) tiene dos connotaciones en el marco del modelo HYSPLIT. En una aplicación anterior se creo una matriz de fuentes y los resultados muestran la suma realizada sobre un archivo de concentraciones único. En la presente aplicación se define una malla de concentración para cada fuente que establece una matriz de fuentes y receptores. Esto requiere de un preprocesador especial para la visualización. En este ejemplo si se selecciona el botón “receptor” la latitud y longitud ingresada será tratada como un punto de receptor. Los factores de dispersión de cada fuente se interpolan a una malla y se visualizan para cada periodo de tiempo. Debajo se muestra el ultimo periodo de tiempo que coincide con la imagen del TOMS.



Funciones de Atribución a Fuentes

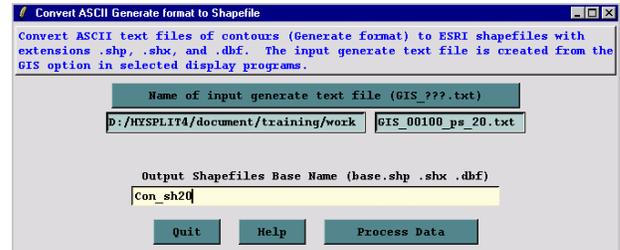
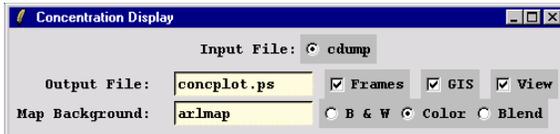
Una predicción de concentraciones utilizando el modelo en reversa, similar a un cálculo de retro trayectorias pero en el modo concentración, tendrá la ventaja de incluir la componente de dispersión en el cálculo. Aunque parezca un campo de concentraciones, el resultado es comparable a una función de atribución a fuentes. Si la turbulencia atmosférica fuese estacionaria y homogénea esta función de distribución proporcionaría el mismo resultado de receptores a fuentes que un calculo de fuentes a receptores.

[Configure el modelo](#) como partícula top-hat para ejecutarse desde el receptor localizado en 36N-6W-1500 m, por 120 horas hacia atrás, a partir del 17 de Julio, usando una emisión de 1 hora y estableciendo una salida cada 6 horas. La altura del inicio se corresponde con la elevación de la señal del TOMS. El nivel vertical de la malla de concentraciones se establece en 100 metros para corresponderse con las emisiones en la superficie. Los resultados se muestran a continuación y corresponden a las ultimas 6 hs del periodo de simulación. Este resultado sería interpretado como que las emisiones en la zona “amarilla” entre las 0000 y las 0600 del 12 de julio fueron las que con mayor probabilidad contribuyeron a las medidas tomadas el 17 de julio a 1500 m de altura en el punto 36N-6W.

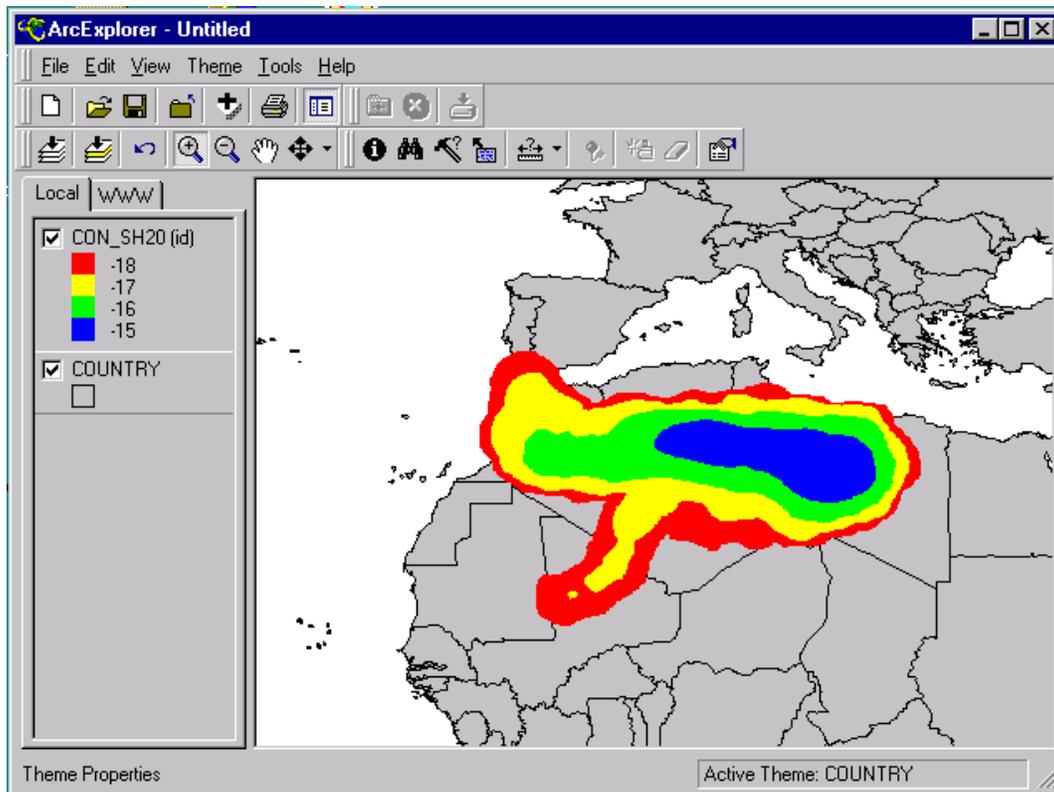


Creación de Archivos para ArcExplorer

Las salidas gráficas de la mayoría de los programas del GUI se pueden convertir a un formato ESRI GIS para ser utilizados en programas como ArcExplorer. Para convertir el gráfico generado en el ejemplo anterior, seleccione los botones “Frames” y “GIS” del menú “Concentration Display”. Esto producirá un archivo de Postscript y otro de texto para cada periodo de tiempo. El archivo de salida “Generate format” contiene las latitudes y longitudes para cada contorno.



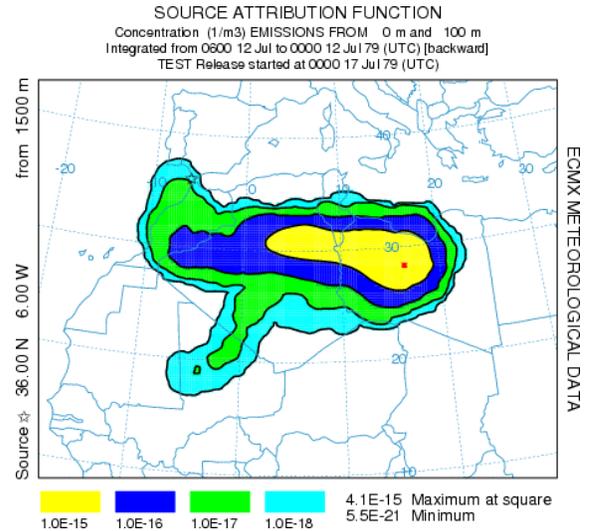
Desde “Utility Programs” use el menú de “ASCII to Shapefile” para seleccionar los archivos de texto, los cuales están nombrados por nivel y secuencia temporal. Seleccione el ultimo archivo (no. 20) y renombre el archivo de salida para reflejar el mismo numero. Al finalizar se crearán una serie de archivos con los sufijos “shp”, “shx” y “dbf”. Abra ArcExplorer y agregue el tema Con_sh20 junto con el tema mapa de fondo, seleccione los dos y centre el mapa.



Personalización de Rótulos del Mapa

El menú de visualización de concentraciones solamente contiene un rótulo de masa (“mass label”) que puede ser utilizado para personalizar el rótulo del mapa cambiando el texto en la segunda línea correspondiente a las unidades de concentración. Esta opción se puede utilizar con un multiplicador si por ejemplo las unidades de emisión están en gramos pero se desea visualizar en microgramos. También se puede cambiar la información adicional del rótulo si se crea un archivo de visualización llamado “[LABELS.CFG](#)”. El resultado se muestra en la figura adyacente.

Se puede agregar información de texto suplementaria ingresando dicha información por el menú “Extra Label” (rótulo adicional) a través del menú “Advanced”. Se creará el archivo “[MAPTEXT.CFG](#)” que puede ser leído tanto por el programa de gráficos de trayectorias como el de concentraciones.

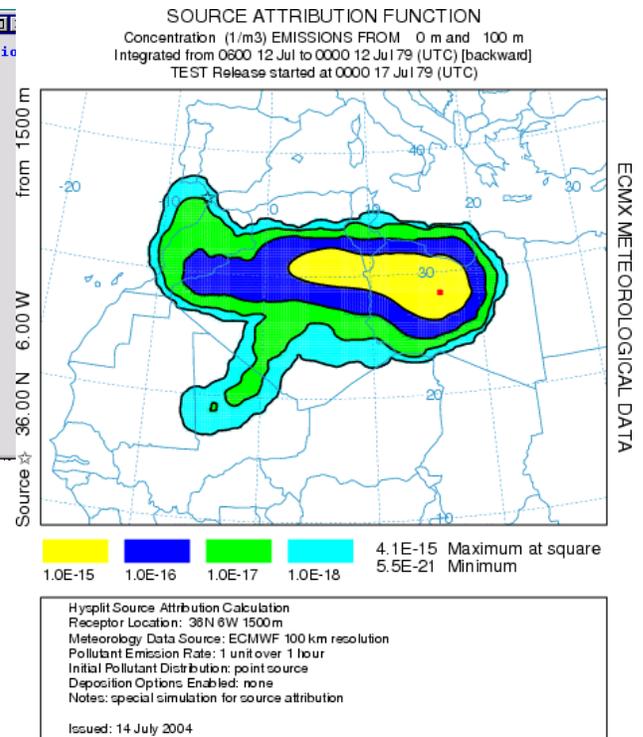


Supplemental Label Information Menu

Creates optional MAPTEXT.CFG file to add supplemental label information at the bottom of each plot.

| |
|--|
| HYSPLIT TRAINING SEMINAR PRODUCT DEMONSTRATION |
| Hysplit Source Attribution Calculation |
| Receptor Location: 36N 6W 1500m |
| Measurement Month/Day: July 17th |
| Measurement Time(UTC): 2300-2400 |
| Meteorology Data Source: ECMWF 100 km resolution |
| Trajectory Computation Heights: not applicable |
| Pollutant Emission Rate: 1 unit over 1 hour |
| Initial Pollutant Distribution: point source |
| Deposition Options Enabled: none |
| Notes: special simulation for source attribution |
| Issued: 14 July 2004 |

Quit Reset Help Save



Operaciones Automáticas con “Scripts”

Los directorios /trajmdl y /concmdl contienen ejemplos de “scripts” TCL que pueden ser utilizados para automatizar los cálculos. Para modificar y escribir nuevos “scripts” es esencial conocer las opciones de línea de comando. La sintaxis del “script” es muy similar al lenguaje “C”. Todos los “scripts” trabajan de la misma manera escribiendo un nuevo archivo de control para cada simulación, ejecutando el modelo y luego renombrando la salida. En el siguiente ejemplo se calculan trayectorias para cuatro lugares. Las líneas más relevantes están resaltadas en rojo. Como ejercicio, modifique este “script” para ejecutar una nueva trayectoria para cada día desde el 12 al 16 pero solamente para una localidad.

```
# Auto_traj.tcl
# the next line restarts using wish \
# exec wish "$0" "$@"

set Start_hgt "10.0"
set Traj_path  "/hysplit4/exec"
set Start_time "00 00 00 00"
set Run_hours  "24"
set Vert_coord "0"
set Top_model  "10000.0"
set Meteo_path "./"
set Meteo_file "ERA40_100k"
set Output_path "./"
set Output_base "tdump"

set Output_numb 1
foreach {Start_lat Start_lon} {36.0 0.0 37.0 0.0 \
                               38.0 0.0 39.0 0.0} {

    set Start_loc "$Start_lat $Start_lon $Start_hgt"

    file delete Control
    set f [open Control w]
    puts $f "$Start_time"
    puts $f "1"
    puts $f "$Start_loc"
    puts $f "$Run_hours"
    puts $f "$Vert_coord"
    puts $f "$Top_model"
    puts $f "1"
    puts $f "$Meteo_path"
    puts $f "$Meteo_file"
    puts $f "$Output_path"
    puts $f "$Output_base"
    close $f

    exec $Traj_path/hymodelt.exe
    exec $Traj_path/trajplot.exe $Output_base
    file rename tdump tdump${Output_numb}
    file rename trajplot.ps plot${Output_numb}.ps
    incr Output_numb
}
destroy
```